REVISTA

SODEBRAS

SOLUÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO PAÍS

VOLUME 8 - N° 91 - Julho/ 2013
ISSN - 1809-3957

ARTIGOS PUBLICADOS

PUBLICAÇÃO MENSAL
Nesta edição

PARTICIPAÇÃO E REPRESENTAÇÃO DA SOCIEDADE CIVIL: UMA REFLEXÃO SOBRE OS CONSELHOS GESTORES DE BRASILEIRA-PI – Carmen Gean Veras De Meneses; Masilene Rocha Viana 03

DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO COM ARMAZENAMENTO DE ENERGIA – Alex De Lima E Silva; Rogers Demonti 10

PROPOSIÇÃO DE PROJETOS DE P&D PARA O SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO BASEADA EM METODOLOGIAS DE ENGENHARIA DE PRODUTO – João Adalberto Pereira; Osíris Canciglieri Júnior; Ana Maria Antunes Guimarães 17

REGIME JURÍDICO DAS PATENTES DE MEDICAMENTOS E O DIREITO À SAÚDE PÚBLICA – Azevedo Valesca Machado Abi-Ackel; Akinruli Samuel Ayobami; Gori Ana Luiza De Castro Leite; Barbosa Francisco Vidal; Azevedo Vasco 25

APLICAÇÃO DO MODELO CONCEITUAL HÍBRIDO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS A PARTIR DE UM ESTUDO DE CASO DENTRO DO SEGMENTO DE FORNECIMENTO DE ACESSO A INTERNET EM ALTA VELOCIDADE DE CONEXÃO – Odivany Pimentel Sales; Osiris Canciglieri Junior 30

UMA PROPOSTA DE ORIENTAÇÃO LEGAL PARA O DESENVOLVIMENTO DAS PESQUISAS BIOTECNOLÓGICAS – Azevedo Valesca Machado Abi-Ackel; Akinruli Samuel Ayobami; Barbosa Francisco Vidal; Azevedo Vasco 36

INTERSETORIALIDADE NAS POLÍTICAS SOCIAIS: ENTRE O IDEAL E O REAL – Maria Madalena Caminha Leal Silva; Guiomar De Oliveira Passos 44

LÓGICA FUZZY E SÉRIES TEMPORAIS INTEGRADAS À TOMADA DE DECISÃO DE INVESTIMENTOS – Iury Steiner; João Antonio Zanni Portella; Marco Aurélio Pacheco 50

MÁQUINA SÍNCRONA MODELADA EM ESPAÇO DE ESTADOS: UM CASO REAL – Cláudio Homero Ferreira Da Silva; Luiz Renato Gomes 58

APLICAÇÃO DE ÁCIDOS HÚMICOS EM CEBOLA NA REGIÃO DO VALE DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO – Carlos Alberto Aragão; Jadson Pereira Barros; Bárbara França Dantas 66

AVALIAÇÃO DE MELANCIA CULTIVADA NO VALE DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO SOB DIFERENTES MANEJOS DE ÁGUA – Carlos Alberto Aragão; Hélder Cesar Pinto; Sérgio Oliveira Pinto De Queiróz; Bárbara França Dantas 71

EFEITO DA BANDA-MORTA NO COMPORTAMENTO DE REGULADORES DE VELOCIDADE DE TURBINAS HIDRÁULICAS – Luiz Renato Gomes; Cláudio Homero Ferreira Da Silva 77

MODELAGEM DE SISTEMAS DE EXCITAÇÃO DE MÁQUINAS SÍNCRONAS COM EXCITATRIZES ROTATIVAS – Luiz Renato Gomes; Cláudio Homero Ferreira Da Silva 84

LOSS-OF-EXCITATION PROTECTION VERSUS MINIMUM EXCITATION LIMITER APPLIED FOR SYNCHRONOUS MACHINES – Luiz Renato Gomes; Cláudio Homero Ferreira Da Silva 92

PROPOSTA DE UM SISTEMA CLASSIFICADOR DE MATERIAIS RECICLÁVEIS BASEADO NOS CONCEITOS DE TECNOLOGIA DE GRUPO E FEATURES DE FABRICAÇÃO – Matheus B. Canciglieri; Athon Francisco C.S. De M. Leite; Anderson Luis Szejka; Osiris Canciglieri Junior 97

Atendimento:
sodebras@sodebras.com.br
Acesso:
http://www.sodebras.com.br

Volume 8 – n. 91 – Julho/2013

ISSN 1809-3957

PARTICIPAÇÃO E REPRESENTAÇÃO DA SOCIEDADE CIVIL: UMA REFLEXÃO SOBRE OS CONSELHOS GESTORES DE BRASILEIRA-PI

CARMEN GEAN VERAS DE MENESES; MASILENE ROCHA VIANA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
carmengean@hotmail.com;masilene@uol.com.br

Resumo - Decorridos mais de duas décadas da retomada da redemocratização no Brasil o que podemos afirmar quanto ao papel das cidades de pequeno porte, em particular dos movimentos sociais e organizações da sociedade civil no incremento da participação e construção de uma cultura democrática no âmbito local? Indagações como essa estimularam uma pesquisa que tomou o município de Brasileira, Piauí, como locus de análise. Embora apresente significativo número de arranjos participativos como Conselhos Gestores, Brasileira constitui-se em uma cidade de frágil participação política e incipiente associativismo civil popular. De economia pouco desenvolvida e população vivendo basicamente do comércio, da agricultura e de empregos da Prefeitura, a cultura local é fortemente marcada pelo corporativismo ou assentada no favor, o que estabelece limites claros aos avanços dos processos de democratização dos espaços públicos, e em particular sérios óbices a conformação democrática dos conselhos gestores.

Palavras-chave: Participação. Representação. Sociedade Civil Conselhos Gestores.

I. INTRODUÇÃO

O discurso da participação da sociedade civil na gestão pública local tem sido alimentado, sobretudo nas últimas décadas, pelo entendimento de que estando mais próximo dos problemas, o cidadão tem maior condição de melhor decidir sobre o que lhe diz respeito e efetivamente contribuir para a democratização dos processos decisórios. E há indubitavelmente uma diversidade de experiências de participação no Brasil sendo uma das marcas dos últimos tempos a ampliação da presença da sociedade civil e dos movimentos sociais nas políticas públicas.

Ao longo das últimas décadas as categorias "participação" e "democracia" compareceram fortemente nos debates e reflexões sobre a realidade brasileira. Associadas ou não, podemos mesmo afirmar que essas categorias alcançaram o patamar da unanimidade, malgrado as distintas acepções e sentidos conferidos a elas no debate político. Almejadas por amplos segmentos sociais, democracia, participação e cidadania tornaram-se palavras-chave da retórica nacional e da burocracia estatal dos últimos governos, dando sinais de que, embora os que falam e os que escutam nem sempre absorvam tais categorias - semântica e politicamente da mesma forma -, elas foram, de fato, incorporadas ao debate público.

Nesse mesmo diapasão podem-se incluir as acepções da categoria "sociedade civil", que nas últimas décadas sofreu inflexões substantivas na forma como vem sendo incorporada no imaginário social e nos debates acadêmicos. Lavalle (2003) lembra que foram largamente utilizadas na literatura uma "caracterização normativa da sociedade civil como representante de interesses gerais e a construção quase tipológica de sua oposição ao mundo institucional e organizativo da política como reino dos interesses particularistas".

As reflexões a seguir, constituem em esforços investigativos produzidos no âmbito de uma pesquisa que toma os conselhos gestores da cidade de Brasileira como foco de interesse. No entanto, nos limites do presente artigo, nos deteremos especificamente sobre nas características que toma a participação e a representação da sociedade civil no aludido município.

Os conselhos gestores no Brasil, inovação institucional gestada no contexto da retomada do processo democrático brasileiro e da promulgação do novo ordenamento jurídico-político em 1988, constituíram-se enquanto uma promessa de ampliação de nossa frágil democracia e geraram expectativas de patamares mais elevados de socialização da política para além da retomada das instituições democráticas formais básicas (eleições regulares, livre organização partidária, liberdade de imprensa, entre outros aspectos).

Tais conselhos gestores foram pensados, portanto enquanto espaços institucionais de exercício de participação social na gestão da coisa pública e de controle social decorrente do princípio constitucional participativo. A ideia de poder partilhado, pilar da democracia participativa, comparece enquanto inovação institucional. A obrigatoriedade constitucional de implantação de conselhos gestores de políticas públicas se estabeleceu como uma das possibilidades dessa "partilha". Como espaços públicos de composição plural e paritária, constituídos com participação dos governos e sociedade civil, os conselhos possuem, em geral, atribuições deliberativas e fiscalizatórias, ora contribuindo na formulação de políticas públicas, ora controlando a execução dessas mesmas políticas.

Há uma diversidade de conselhos com competências e formas de composição as mais distintas, desde instâncias meramente consultivas a formatos deliberativos, em geral compostos de forma paritária entre distintos segmentos sociais. Todavia, muitos estudos sobre os conselhos trataram da artificialidade da paridade enquanto mecanismo garantidor da democracia. Tatagiba afirmara, ainda na década de 1990, que era muito difícil reverter a centralidade e o protagonismo do Estado na dinâmica de funcionamento dos conselhos. Segundo ela, a paridade (condição preliminar para a disputa de posições e interesses), tem sido, por vezes,

ISSN 1809-3957

reduzida a sua dimensão numérica, não sendo suficiente para garantir o equilíbrio no processo decisório. (TATAGIBA, 1999).

É fato inconteste que foram criados muitos conselhos gestores de políticas públicas por causa da obrigatoriedade constitucional e de sua indispensabilidade para o repasse de recursos federais para Estados e Municípios. Assim, eles espalharam-se rapidamente nas mais distintas áreas (Saúde, Educação, Criança e do Adolescente e Assistência Social) multiplicando-se em distintos níveis da gestão pública, do local (municipal) ao âmbito nacional. Porém, ao tempo em que apareceram enquanto inovações pela possibilidade da sociedade civil ter assento e participar de todo o ciclo da política pública apresentavam-se enquanto um desafio frente aos processos centralizados da gestão pública de outrora e de enfrentamento dos padrões de autoritarismo social presentes na cultura política nacional.

Há vários estudos feitos por pesquisadores brasileiros a respeito da atuação dos conselhos gestores de políticas públicas, estudos que, em geral, tem como espaços pesquisados as grandes cidades ou mesmo metrópoles brasileiras, como São Paulo, Curitiba, Porto Alegre, Fortaleza, Belo Horizonte, Rio de Janeiro, Vitória, Recife, Belém, entre outras. Contudo, os estudos são bastante incipientes em municípios brasileiros de pequeno porte e em geral, não alcançam divulgação nacional. A pesquisa de onde brotaram as reflexões aqui constantes toma como foco o formato e experiência de conselhos gestores em uma municipalidade de pequeno porte, com diferenças significativas da maioria dos estudos já formulados e disponíveis sobre a temática.

Não se pode olvidar de que grandes cidades possuem características muito diferenciadas de municípios de pequeno porte no tocante a indicadores sociais e econômicos que podem jogar peso significativo no formato que toma a participação nesses espaços, além de aspectos não menos importantes, como a cultura política local e a articulação das forças políticas e de entidades da sociedade civil e movimentos sociais no desenho, na implementação e na avaliação das políticas públicas. Hoje, decorridos mais de duas décadas da retomada da redemocratização no Brasil o que podemos afirmar quanto ao papel das cidades de pequeno porte, em particular dos movimentos sociais e organizações da sociedade civil no incremento da participação e construção de uma cultura democrática no âmbito local?

As singularidades desses processos em municípios de pequeno porte, em particular naqueles em que há parca participação da sociedade civil nos processos decisórios geram muitas inquietações. Acaso o desenho da política envolvendo setores da sociedade civil contribui para alargar os espaços públicos e o livre debate dos interesses da população no que diz respeito às políticas públicas ou aparece somente como mais uma demanda da rotina formal-institucional para viabilizar o acesso ao fundo público? A institucionalização e o funcionamento dos conselhos contribuíram para fortalecer uma cultura política democrática no âmbito local? Como a política se faz realidade na relação com a cultura local por vezes plena de marcas de particularismos familistas, oligárquicos, de mandonismos e tradições de diversas matizes a gerar óbices a efetiva garantia da participação com horizontes democratizantes? Indagações como essa estimularam uma pesquisa que tomou o município de *Brasileira,* Piauí, como locus de análise. Sem a intenção de oferecer resposta conclusivas ao conjunto dessas indagações, nos limitamos a apresentar aqui um quadro mais geral dos limites e desafios postos pelas características locais do município do ponto de vista organizativo da sociedade civil e movimentos sociais e mesmo de suas singularidades sociais e econômicas.

Destarte, nas páginas que seguem pontuamos algumas características de *Brasileira* no intento de refletir sobre a participação da sociedade civil local na construção dos espaços públicos tendo, como horizonte a reflexão acerca da contribuição e dos limites dos movimentos e organizações sociais na socialização da política local e na garantia de que as políticas públicas possam refletir os interesses dos setores subalternizados da localidade. Nesse esforço dialogamos com algumas referências teóricas postas pelo debate das últimas décadas, sobretudo no tocante a categorias que, malgrado a ampla massificação (como "participação", "espaço público", e "sociedade civil") foram ao longo do tempo tornando-se alvo de inúmeras polêmicas quanto a seus usos (e abusos).

II. O MUNICÍPIO DE BRASILEIRA: CARACTERÍSTICAS GERAIS E CAPACIDADE ORGANIZATIVA DA SOCIEDADE CIVIL

Brasileira é de criação recente, tendo sido elevado à categoria de município através do artigo 35, inciso II do ato das disposições constitucionais transitórias da Constituição Estadual do Piauí de 05/10/1989 e teve sua área e limites estabelecidos pela Lei Estadual nº 4.389-A de 10 de junho de 1991, embora somente em 1992 tenham ocorrido eleições municipais para a instalação do primeiro governo municipal. Desmembrado de Piripiri-PI, embora a conformação territorial de Brasileira tenha absorvido também áreas dos municípios de Batalha e Piracuruca, o município tem uma área de 881 km² e dista da capital, Teresina, 172 Km, localizando-se na mesorregião Norte Piauiense e Microrregião Baixo Parnaíba Piauiense. Tem clima semiárido e bioma caracterizado pela caatinga e no que tange ao planejamento estadual compõe o território dos Cocais. (ANUÁRIO DO PIAUÍ, 2008).

Brasileira guarda, no entanto, similaridades com muitas outras municipalidades do Estado, já que do conjunto 225 municípios piauienses, 162 possuem menos de 10.000 (dez mil) habitantes revelando que em aspectos demográficos, a realidade nestes municípios é bastante aproximada. Conforme o censo demográfico de 2010, *Brasileira* possui 7.966 habitantes, com uma população residente de: 4.075 homens e 3.891 mulheres. Essa singularidade demográfica implica também em outra característica. Como os recursos do Fundo de participação dos municípios (FPM) são divididos conforme o número de habitantes e municípios com até 10.188 (dez mil, cento e oitenta e oito) habitantes recebem o coeficiente mínimo de 0,6 (zero ponto seis) de FPM, *Brasileira* e outros 161 municípios do Estado do Piauí (72% do total) recebem de transferência do FPM o correspondente ao menor coeficiente.

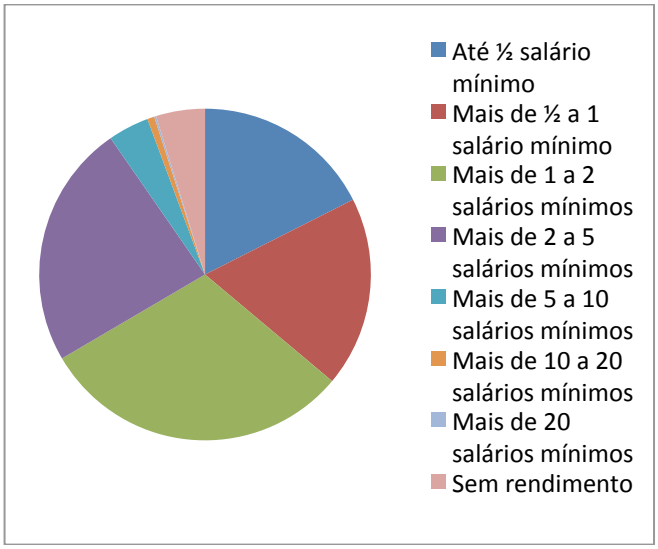
Mas, sendo de criação recente, a história da ocupação da área atual do município de Brasileira associa-se à implantação da estrada de ferro Central do Piauí no ano de 1936. A criação da estação oportunizou a aglomeração de famílias próximas a estação ferroviária em virtude de

ISSN 1809-3957

possibilidades econômicas. A estrada de ferro funcionou como principal via de escoamento da produção de tucuns, cera de carnaúba, coco babaçu, farinha, milho e pele de animais.

Na atualidade, a maioria da população de *Brasileira* habita a área rural, vivendo da agricultura familiar, e muitas famílias que moram na zona urbana vivem de pequenos comércios, serviços e particularmente dos empregos da Prefeitura. Conforme o Censo demográfico de 2010 habitam a área urbana de Brasileira, 3.483 pessoas e na área rural moram 4.483 pessoas. Outro dado relevante para compor o panorama geral da localidade é o que aponta os Benefícios do INSS emitidos no município (2009). Do total de 394 benefícios, 76 foram para a zona urbana e 318 para a área rural. Segundo o Censo de 2010 trata-se de um município onde a maior quantidade de domicílios se encontra nas baixas faixas de renda como atesta o gráfico a seguir.

GRÁFICO 1 – BRASILEIRA - PI: DOMICÍLIOS PARTICULARES PERMANENTES, POR CLASSE DE RENDIMENTO MENSAL



Fonte: IBGE, Censo Demográfico – 2010.

O retrato de *Brasileira* quanto à renda domiciliar é emblemático de sua condição de município cuja grande maioria da população se encontra em patamares elevados de pobreza. Mas, o que dizer da capacidade organizativa da população? Que organizações da sociedade civil e movimentos sociais são observados no universo de *Brasileira*?

Realizando um levantamento exploratório do conjunto das formas de inserção da população em espaços públicos e mesmo do associativismo e movimentação da sociedade organizada na municipalidade pode-se depreender que existem poucas entidades com inserção nos arranjos participativos e pequena expressão de movimentos sociais, que, na localidade, assumem feições representativas de duas categorias profissionais, sem apresentar, no entanto grande combatividade. Referimo-nos a existência de dois sindicatos, um de trabalhadores e trabalhadoras rurais e um sindicato de servidores da Educação Municipal.

Embora se registre a existência legal de algumas associações e organizações não governamentais, muitas delas são ligadas a assentamentos rurais ou foram criadas em situações e projetos particulares que se encontram atualmente desativadas. Exemplos dessa situação são a Fundação Deoclécio Mendes de Menezes e a Fundação Neuza Mendes de Menezes. A primeira tem como principais ações a realização de cursos profissionalizantes para a comunidade como: corte e costura, cabeleireiro, eletricista, confecção de sabão e detergente, bordado, entre outros, além de oferecer serviços odontológicos na própria sede.

Assim, *Brasileira* não possui forte cultura associativa e de engajamento social, já que são poucas as entidades existentes, muitas delas criadas movidas por interesses corporativos, religiosos ou caritativos ou ainda com horizontes estritamente artísticos e culturais. Não existem de forma expressiva entidades sociais prestadoras de serviços na área de assistência social, tampouco entidades de defesa de usuários. No entanto, convém citar a existência no município de Conselho Tutelar, acompanhando as diretrizes do Estatuto da Criança e do Adolescente. Em *Brasileira* não há também registros de movimentos de mulheres ou de segmentos sociais como portadores de necessidades especiais ou de homossexuais, oferecendo indicações de que não há um forte associativismo que aponte para ações coletivas propositivas ou de fortalecimento dos interesses dos segmentos vulneráveis.

Registra-se, no entanto a presença na municipalidade da Pastoral da Criança e da associação comunitária da comunidade "*Saco dos Polidórios*", formada por apicultores locais e mesmo alguns conselhos escolares de atuação restrita. Existem ainda em *Brasileira* o Conselho do Fundo Municipal de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação (FUNDEB) criado pela Lei nº 012/1997 e o Conselho de Alimentação Escolar (CAE). Em geral, as entidades do município têm suas origens ligadas a projetos visando captação de recursos públicos e, muitas, após a criação, não se sustentam como organização social na vida política do município.

Práticas clientelistas sedimentadas no favor permeiam as relações entre o governo local e parcela significativa dos moradores locais, especialmente no que tange ao acesso aos empregos e cargos no município, gerando uma frágil consciência de direitos e uma recorrente condição de subalternidade da parte de muitos. São poucas entidades representativas da sociedade civil existentes neste município que contribuem com suas inserções nos arranjos participativos locais, como os Conselhos Municipais de Assistência Social, dos Direitos da Criança e do Adolescente e o de Saúde, podendo ser facilmente observado nas nomeações de conselheiros, as mesmas entidades e as mesmas pessoas que as representam em diferentes mandatos nesses conselhos.

Os conselhos foram instituídos em âmbito local entre os anos de 1995 a 1997. O conselho de Saúde foi criado em 17 de abril de 1995 (Lei n º 038/95), o Conselho de Assistência Social foi criado em 1995, (Lei nº 044/95) como órgão deliberativo de caráter permanente no âmbito do município e que tem atribuições de atuar na formulação e controle da execução da política de Assistência Social. O Conselho Municipal dos Direitos da Criança e do Adolescente de *Brasileira* foi instituído pela lei municipal nº 008/97 e alteração posterior com a lei nº086/2008 que estabelece que o conselho é instância colegiada de gestão da política municipal dos Direitos da criança e do adolescente, com funções deliberativas, normativas, fiscalizadoras e consultivas.

ISSN 1809-3957

Esses conselhos constituíram-se, portanto, com função de formular diretrizes de política social, fiscalizar e acompanhar a execução dessas políticas. Consoante suas leis de institucionalizações são formados por representantes do governo municipal e representantes da sociedade civil. No entanto, quando observadas suas leis de criação, observamos muitas distorções, sobretudo quanto à composição dos conselhos. Há casos de lei de criação arrolando como entidades da sociedade civil instituições que inexistem no município, revelando um descompasso entre a forma da lei e a realidade local.

Na verdade, revirando a história da constituição de muitos conselhos no Brasil e no Piauí, especialmente suas leis de criação, encontramos o fato de que muitos são criados ou copiados a partir de "modelos" de leis e regimentos de outras localidades, sem o devido cuidado quanto às particularidades locais. Assim, com a proliferação de "modelos" de atas, de portarias, de decretos regulamentadores de leis, regimentos, entre outros ou mesmo cartilhas de instâncias governamentais guiando e instruindo procedimentos locais, há o risco de fortes distorções entre a forma que toma esses documentos ou instrumentos normativos e a realidade local, muitas vezes longe da garantia da paridade entre representações governamentais e da sociedade civil – e muito mais longe ainda de enfrentar os desafios de garantir efetivamente participação e democracia no processo decisório sobre as políticas públicas.

Certamente muitos dos impasses e problemas locais dos Conselhos em *Brasileira* compõem o universo de limites e dificuldades já sobejamente discutido na literatura sobre o assunto, em especial o fato de que os Conselhos em geral não deliberam e viram "ilhas" separadas das instâncias governamentais sem força política para efetivamente formular, definir, acompanhar e avaliar as intervenções públicas em suas áreas específicas.

III. A PARTICIPAÇÃO DA SOCIEDADE CIVIL NA INSTITUCIONALIDADE BRASILEIRA PÓS-1988

A disputa pelos sentidos atribuídos a ideia de "participação" acompanha o pensamento político brasileiro desde longa data, mas de forma cada vez mais acentuada a partir do período desenvolvimentista. Lavalle (2011, p.13) analisando a participação nas últimas décadas no Brasil afirma que

> A participação, que nos anos 1960 a 1980 condensava a crítica dos atores sociais e de parte da academia perante os déficits de inclusão das instituições políticas e do crescimento econômico, bem como exprimia um reclamo de autodeterminação efetiva em face de partidos e intermediários políticos vários, tornou-se progressivamente, nos anos da pós-transição, parte da linguagem jurídica do Estado e atingiu patamares de institucionalização ímpares não apenas na história do país, mas em outras democracias. A participação, é claro, não perdeu seu registro simbólico original, mas adquiriu novo registro dominante porque inserida nos chamados "espaços participativos".

Com a Constituição Federal de 1988 criam-se novos espaços de participação e também novas orientações como o federalismo e a descentralização, passando os municípios brasileiros a receberem um tratamento diferenciado, destacando-se como ente federativo, dotado de autonomia legislativa e financeira e, nesse sentido, fortalecendo-se e ensejando maiores responsabilidades advindas da descentralização do poder. Conforme assevera Viana (2010),

> a ênfase na participação comunitária e na descentralização administrativa como possibilidade de aproximar o processo decisório do "local" onde as políticas são implementadas é destaque em inúmeros discursos do período pós-ditadura, seja nas esferas oficiais de governo, seja no campo das oposições ou ainda dos movimentos sociais. Descentralização, municipalização, parceria, privatização, participação, universalização, desconcentração, e tantos outros temas passam a compor a agenda e a retórica política do governo de transição que se instalara no país com o fim da ditadura e no decorrer do qual foi gestado o novo ordenamento jurídico institucional.

As expectativas alimentavam a ideia forte de que a aproximação maior da sociedade civil dos negócios públicos consistia no fundamento de um novo paradigma de sociedade, onde o povo se tornaria senhor de suas próprias decisões. Não deixava de ser também um novel formato de cidadania, onde o cidadão posicionava-se como sujeito de direitos, ampliando a consciência de pertencimento à vida política de seu país, uma nova cidadania que ultrapassaria a mera delegação de poderes advinda da democracia representativa, tornando-se mais exigente, com institucionalização da democracia participativa, que tinha nos conselhos paritários um novo referencial de exercício político. (CAMPOS; MACIEL, 1997). Em geral os estudos sobre a participação popular traziam a marca das esperanças no fortalecimento da gestão pública democrática. Nogueira (2005, p.146) enfatiza que Estado e sociedade civil são vistos como partícipes de um projeto emancipador. Segundo ele,

> a abertura de espaços de participação pode, efetivamente, facilitar a obtenção de respostas para as demandas comunitárias, ampliar a comunicação entre governantes e governados, fornecer melhores parâmetros para a tomada de decisões e, nessa medida, fortalecer a gestão pública e promover a expansão da cidadania ativa. (NOGUEIRA, 2005, p.142).

Os primeiros estudos sobre esses arranjos participativos, notadamente os conselhos gestores focavam, em geral, na "participação" da sociedade civil tomando-a a partir de uma visão açucarada ou mesmo celebratória de suas virtualidades na democratização dos espaços públicos frente às enormes esperanças depositadas pela população nessa reengenharia institucional brasileira. No entanto, alterando significativamente a trajetória que animou os primeiros estudos sobre os conselhos, muitos autores se ocupam atualmente com inquietações quanto à "representação" e às bases de legitimidade dos que "falam em nome de outros" nesses espaços, já tendo sido também vasta a literatura que aponta os limites e óbices dessas experiências.

ISSN 1809-3957

Assim, a euforia do advento e implantação desses arranjos institucionais cedeu lugar a questionamentos e inquietações investigativas. Estudos apontam que estes espaços não estão sendo palcos de efetiva transferência de poder, que a descentralização camufla-se numa composição paritária apenas numérica, que muitos conselhos existem apenas formalmente, que muitos conselheiros não sabem ou desconhecem seu verdadeiro papel como co-gestor de políticas públicas, que muitos conselhos quase nada propõem, limitando-se quando muito a funções meramente consultiva e pseudo legitimadora das ações governamentais. (DAGNINO, 1999). Muito do material bibliográfico colacionado sobre o tema contribui sobremaneira para entender a atuação desses espaços públicos. Tatagiba, em entrevista ao Jornal da Unicamp, analisando a atuação dos conselhos gestores afirma que,

> embora ainda haja muito a compreender e avançar em termos de pesquisa, os estudos que temos realizado nos permitem afirmar que as mudanças alcançadas ainda estão muito longe das expectativas que animaram a criação dos conselhos. Essa nova institucionalidade participativa tem ocupado um lugar ainda marginal nos processos decisórios que envolvem a definição das políticas em suas áreas específicas. Mesmo que os problemas apontados variem em natureza e extensão, não é incomum encontrarmos nas conclusões dos estudos uma mesma afirmação: os conselhos não deliberam. (TATAGIBA, 2008).

Não se pode esquecer que a experiência brasileira com parâmetros de democracia participativa é recente e que desnuda um passado pouco afeito a práticas democratizantes, arraigado a políticas paternalistas, típicos da formação histórica e social do povo brasileiro em bases autoritárias. Não há dúvida que os Conselhos Gestores de Políticas Públicas eram os sonhos da construção da democracia participativa, embora não fossem os únicos espaços possíveis por onde poderia tomar substância tal democracia. A institucionalização desses espaços participativos significava naquele momento a possibilidade no desenho das políticas, de abertura à sociedade civil conferindo-lhe vez e voz, firmando-se canais por onde muitos dos problemas das desigualdades sociais seriam vocalizados e solucionados.

Tatagiba e Teixeira (2006) afirmam que estas instâncias participativas no lugar de estarem servindo para reinvenção institucional estão, ao contrário, formando uma institucionalidade que caminha paralelamente com o Estado, mas destituída de efeito democratizante sobre o processo de produção de políticas públicas, estando a agenda política desses espaços constantemente monopolizada pelas disputas político-partidárias, eivadas do jogo político à formação de maiorias eleitorais. Nesse debate, contribuem Lavalle e Isunza (2011) para quem os conselhos gestores de políticas públicas constituem "modalidades extraparlamentares de representação formal e informal" que, diferentes das atribuições legislativas, tem funções de definir, gerir e fiscalizar as políticas públicas.

Assim, essas novas formas de participação e representação esbarram no desafio da legitimidade. Quem são estes atores sociais? Como chegaram aos conselhos? Como se vinculam aos representados? Perguntas como estas expõem o desafio a ser enfrentado nestes formatos de representação política em instâncias participativas. Esse é indiscutivelmente um debate em aberto. Basta que pensemos que fórum delibera sobre a representação da sociedade civil em uma dada localidade para que nos voltemos ao dado complexo das sociedades contemporâneas e da diversidade e heterogeneidade da sociedade civil.

Embora concordemos com Tatagiba e Blikstad (2011, p. 175) quando pontuam que as instituições participativas não são propriamente espaços de participação direta e que acionam distintas modalidades de representação, sabemos que esse é debate por demais movediço e a simples participação de pessoas advindas de meios populares ou organizações de base popular não garante aprofundamento democrático.

Segundo Luchmann (2011, p.159) é necessário que as associações estejam voltadas para interesses públicos, abertas ao diálogo, dotadas de tempo, conhecimento e informação para configurarem uma representação qualificada e isso significa o abandono da forma particularista de intervir. O problema da legitimidade ecoa atualmente quase uníssono entre os estudiosos do assunto. Segundo Tatagiba (2008), por muito tempo essas experiências participativas receberam tratamento de exemplos de participação direta e o que se sabe é que estes espaços colocam em curso diferentes modalidades de representação e fundamentos de legitimidade, ocasionando desdobramentos na própria teoria da democracia.

Lüchmann e Borba (2010, p.23) em análise sobre a legitimidade e representação política constantes em leis de conselhos gestores observou também que as leis dos municípios investigados prescrevem de forma bastante genérica o *modus* de seleção desses representantes, ora mencionam fóruns próprios, nomeação pelo prefeito ou mera indicação, sublinhando ainda que nos documentos normativos estudados não foram encontradas referências que pudesse exprimir uma proximidade ou conexão entre os representantes e representados. Nesse processo, ocorre uma filtragem no processo de escolha da representação institucional, impactando no perfil dos conselheiros e formando uma elite participativa, verificando-se, na prática, a mera indicação, tornando, assim o processo menos inclusivo. Cumpre-nos reforçar que o mesmo se revela no caso dos instrumentos normativos de Brasileira no tocante aos conselhos gestores.

Dagnino e Tatagiba (2011, p.8) oferecem valiosa contribuição quando sublinham que no interior das experiências participativas coexistem a cooptação e a persistem elementos culturais vinculados a uma cultura política tradicional. Assim, identificam "o peso de uma matriz cultural hierárquica que favorece a submissão frente ao Estado e aos setores dominantes, além de afirmar a política como uma atividade privativa das elites" (DAGNINO; TATAGIBA, 2011, p.5).

Sabemos que o clientelismo se alimenta de trocas assimétricas, do "favor" onde alguém ganha mais do que o outro. Não se pode negar que o discurso participacionista no Brasil convive com um arcabouço histórico-cultural marcado por práticas alicerçadas em relações clientelistas, tendo o favor como elo intermediador. Hoje passados mais de duas décadas dos primeiros tempos da efervescência otimista oriunda da reabertura democrática e da institucionalização da participação, há uma sensação de que os resultados são muito tímidos não tendo alcançado

ISSN 1809-3957

padrões satisfatórios de democratização. Na verdade, a retomada da democracia veio arrastando nosso passado histórico. Apostou-se muito na reabertura política e na "nova sociedade civil" como carros-chefe da democratização, tendo os atores da participação como protagonista. Lavalle retomando a forte influência que uma determinada perspectiva teórica exerce(u) nas últimas décadas, sobretudo quanto ao potencial da sociedade civil na democratização da esfera pública, afirma que

> Para Avritzer, por exemplo, o novo associativismo civil tornara-se responsável pela superação (finalmente!) da tradicional debilidade e desorganização das sociedades latinoamericanas. Segundo ele, a renitência de tal debilidade derivaria, dentre outros fatores, do caráter homogeneizador da matriz do associativismo colonial - dominado por entidades de cunho religioso - e, após a Independência, das feições assumidas pelas lojas maçônicas da região - incapazes de se pautar por padrões laicos e pluralistas. Em vista disso *o novo associativismo latino americano teria atingido um patamar verdadeiramente moderno, na medida em que seria plural e autônomo com respeito ao Estado*. [...] [Uma] miríade de empenhos associativos constituiu o corpo do "novo associativismo civil" e definiu seus traços principais, assim identificados por Avritzer: *o aumento expressivo das iniciativas de consorciação, a introdução de mudanças substanciais na cultura política*, já que tais atores não mais se voltariam para sua incorporação no seio do Estado, e, sobretudo *a constituição de novo padrão de ação coletiva, orientado por critérios não funcionais, ou seja, territoriais, temáticos e plurais* (2003, p.98-100).

A vasta literatura produzida neste período, mais precisamente nos finais dos anos 80 e início dos anos 90 pintou uma sociedade civil como pólo do bem e o Estado como pólo do mal. Aludida interpretação tem sua origem na visão dicotômica da cultura, colocando em posição antagônica cultura tradicional versus cultura democrática. (DAGNINO; TATAGIBA, 2011). Essa "nova sociedade civil" imbuída no propósito de levantar a bandeira do espaço público e da democracia revelou-se limitada para dar conta desse desafio e o Estado por sua vez pouco poroso a participação. Na verdade, tanto a sociedade civil como a sociedade política revelaram-se heterogêneos demais para acomodarem-se aos formatos que assumiam nos discursos dos primeiros tempos da redemocratização.

A expectativa outrora idealizada foi desnudando-se em novas nuanças e arestas. As transições ocorridas nas sociedades latinoamaricanas deixaram incólumes traços pouco democráticos da política nestas sociedades, como a altíssima continuidade dos interesses políticos dominantes nas velhas e indesejáveis práticas políticas e as abissais desigualdades de acesso ao poder, que perpetuavam o desequilíbrio nas relações societárias. (LAVALLE, 2003).

O que os estudos revelaram é que a democratização e a participação institucionalizaram-se em arcabouço legal, adquirindo status constitucional. No entanto, em grande parte dessas experiências, a participação fica subsumida em detrimento de práticas administrativas e burocráticas, não raras vezes reprodutoras de clientelas, tendo o favor como liame das relações entre governo e as representações da sociedade civil, quebrando de certa forma o encanto entusiasta de outrora. Como nos lembrou Schwarz (2000), o favor é um legado que acompanha a civilização brasileira, como um calo renitente, tendo atravessado e afetado "o conjunto a existência nacional, ressalvada sempre a relação produtiva de base, esta assegurada pela força."

IV. CONCLUSÃO

A reflexão sobre a participação da sociedade civil em Conselhos gestores em *Brasileira* nos levam a caminhos menos otimistas e celebratórios que os trilhados por muitos pesquisadores sobre os conselhos gestores em sua pesquisas iniciais, notadamente quando se debruçaram a estudar municipalidades de maior porte e maior vitalidade política de movimentos sociais.

As aproximações exploratórias até aqui realizadas dão conta de uma cultura política local em fortes alicerces clientelistas, que reproduzindo heteronomia e exclusão social, dá os contornos do modelo "participativo" nestes espaços públicos, caracterizado por uma inserção tutelada, tímida e limitada dos representantes "não-governamentais", forjando uma prática conselhista pragmática, reprodutora dos interesses dos estratos burocráticos e políticos locais, que embora promovam alguma legitimidade aos governos que se sucedem, já que formalmente o "povo" se faz representar, essa representação "popular" carece não raras vezes de bases de legitimidade.

Embora apresente significativo número de arranjos participativos como Conselhos Gestores, *Brasileira* constitui-se em uma cidade de frágil participação política e incipiente associativismo civil popular. De economia pouco desenvolvida e população vivendo basicamente do comércio, da agricultura e de empregos da Prefeitura, a cultura local é fortemente marcada pelo corporativismo ou assentada no favor, o que estabelece limites claros aos avanços dos processos de democratização dos espaços públicos.

Dagnino, estudando os espaços públicos há muito já afirmara que as continuidades autoritárias e conservadoras que reproduzem a exclusão na sociedade brasileira estão longe de estarem confinadas somente ao "aparato do Estado e certamente respondem a interesses enraizados e entrincheirados na sociedade civil", afinal, "o processo de construção democrática não é linear, mas contraditório e fragmentado e se vincula a uma multiplicidade de fatores, eliminando qualquer possibilidade de conceber a sociedade civil como demiurgo do aprofundamento democrático" (DAGNINO, 1999, p.279).

Na verdade, sendo o local, espaço por excelência onde estão os carecimentos sociais básicos, também nele se revelam como fundamentais as tradições e os legados da história local, as formas distintas de relações de poder cristalizadas ao longo do tempo, não raras vezes na forma de uma cultura política heterônoma e de exclusão social, reprodutora de privilégios e reiteradora do "favor" como mediador das relações sociais (VIANA, 2011).

Na medida em que essas formas de construção e reprodução das relações econômicas, sociais e política se revelam hegemônicas, ficam prejudicadas as possibilidades do exercício autônomo dos movimentos sociais e organizações da sociedade civil, para de forma participativa, impulsionar a democratização local. Destarte, o desafio da

ISSN 1809-3957

democratização passa muito além da formatação e normatização de políticas públicas que contemplem os distintos segmentos sociais do "local" ou suas "representações" (muitas vezes representações meramente formais, sem nenhum substrato de legitimidade). O desafio passa, sobretudo, pela democratização e maior socialização da política e da economia, tarefa hercúlea para um país com forte tradição autoritária, pouco tempo de um processo de democratização e enormes desigualdades ainda a serem transpostas.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANUÁRIO DO PIAUÍ 2008. O Dia. Ano 2. n.2, 2009.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo demográfico de 2010.

BRASILEIRA. *Lei ° 045/95.* Dispõe sobre a criação do Conselho Municipal de Assistência Social e dá outras providências.

BRASILEIRA. *Lei n° 008/97.* Dispõe sobre a Política Municipal dos Direitos da Criança e do Adolescente. Cria o Conselho de Direito da Criança e do Adolescente, o conselho Tutelar e o fundo Municipal respectivo e dá outras providências.

BRASILEIRA. *Lei 086/2008.* Dispõe sobre a nova redação da Lei nº 008/97, que dispõe sobre a Política Municipal dos Direitos da Criança e do Adolescente. Cria o Conselho de Direito da Criança e do Adolescente, o conselho Tutelar e o fundo Municipal respectivo e dá outras providências.

CAMPOS, E. B; MACIEL, C. A. B. Conselhos Paritários: o enigma da participação e da construção democrática. *Revista Quadrimestral de Serviço Social.* São Paulo, ano XVIII, n. 55, nov. 1997.

DAGNINO, E. (Org.). *Sociedade civil e espaços públicos no Brasil.* São Paulo: Paz e terra, 2002.

DAGNINO, E.; TATAGIBA, L. *Movimentos sociais e participação institucional:* repertórios de ação coletiva e dinâmicas culturais na difícil construção da democracia brasileira. (Revue Internationale de Politique Comparee - Reportoires d' action Collective en Amerique Latine. 2011)

LAVALLE. A. G. Sem Pena nem glória: o debate sobre a sociedade civil nos anos 1990. *Novos Estudos CEBRAP* nº 66, p.91-109, jul. 2003.

____. Após a participação: nota introdutória. *Lua Nova*. São Paulo: CEDEC, n. 84, 2011.

LAVALLE, A. G.; ISUNZA,V. E. A trama da crítica democrática: Da participação à representação e à accountability. *Lua Nova*, São Paulo: CEDEC n. 84, p.95-139, 2011.

LÜCHMANN, L. H. H. Associação, Participação e Representação: combinação e tensão. *Lua Nova.* São Paulo: CEDEC n. 84, p.141-174, 2011.

LÜCHMANN, L. H. H; BORBA, J. A representação política nos Conselhos Gestores de Políticas Públicas. *Urbe,* Brasília: jul/dez, p. 229-246, 2010.

NOGUEIRA, M. A. *Um Estado para a sociedade civil:* temas éticos e políticos da gestão democrática. São Paulo: Cortez, 2005.

SCHWARZ, R. *Ao vencedor as batatas:* forma literária e processo social nos inícios do romance brasileira. São Paulo: Duas Cidades; Ed. 34, 2000.

TATAGIBA, L; TEIXEIRA, A. C. C. Democracia representativa: complementaridade ou combinação subordinada? Reflexões sobre instituições participativas e gestão pública na cidade de São Paulo (2000-2004). *XIX Concurso do CLAD sobre Reforma do Estado e Modernização da Administração Pública,* 2006.

TATAGIBA, L. Democracia e Participação nos Conselhos Gestores. *Jornal da UNICAMP.* Campinas: 1 a 14.12.2008. ano XXIII, n.418. [Entrevista a Luiz Sugimoto] Disponível em: <http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/dezembro2008/ju418_pag06.php> Acesso em 07.06.2012.

TATAGIBA, L; BLIKSTAD, K."Como se fosse uma eleição para vereador": participação e partidos. *Lua Nova,* São Paulo: CEDEC n.84, p.175-217, 2011.

VIANA, M. R. A esfera pública possível na democracia brasileira: o que indicam as pesquisas recentes. *Anais do III Seminário Nacional e I Seminário Internacional Movimentos Sociais Participação e Democracia*. UFSC, Florianópolis: 2010, p.634-647.

_____. *Espaço público e cultura democrática no Brasil pós-1988*: o que os novos arranjos participativos deliberativos incrementaram na democracia brasileira. 2011. (digit.)

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: As autoras são as únicas responsáveis pelo material incluído no artigo.

DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO COM ARMAZENAMENTO DE ENERGIA

ALEX DE LIMA E SILVA[1], ROGERS DEMONTI[1]
[1]INSTITUTO DE TECNOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO – LACTEC
prof.alexdelima@hotmail.com

Resumo – Nos últimos anos tem-se percebido no Brasil um grande interesse em se conhecer um pouco mais sobre sistemas de geração de energia elétrica através de princípios fotovoltaicos. A abordagem de assuntos relacionados ao dimensionamento e instalação de sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede e isolados tem se mostrado em ascensão no país, principalmente nesta última década. Diante deste cenário e com o intuito de contribuir com pequenas iniciativas relacionadas a esta tecnologia, o respectivo trabalho apresentará um roteiro utilizando-se de uma metodologia simplificada para o dimensionamento elétrico de um sistema fotovoltaico com armazenamento de energia.

Palavras-chave: Planta Fotovoltaica. Armazenamento de Energia. Dimensionamento Elétrico.

Abstract - In Brazil, in recent years, is perceived a big interest in knowing a little more about power generation systems using photovoltaic (PV) principles. The approach of subjects related to the design and installation of residential PV systems on grid and off grid has shown rising in the country, especially in the last decade. Upon this background and in order to contribute with small initiatives related to this technology, their work will present a step by step using a simplified methodology for the design of a photovoltaic electric with energy storage.

Keywords: Photovoltaic Plant. Energy Storage. Electric Design.

I. INTRODUÇÃO

Neste artigo serão abordadas algumas técnicas utilizadas para se dimensionar uma planta fotovoltaica com armazenamento de energia através de baterias, compondo um sistema isolado. Optou-se pela aplicação desta metodologia em um sistema isolado de forma a facilitar o raciocínio e não ter que considerar as variantes relacionadas ao sistema tarifário da concessionária local e suas características de conexão à rede elétrica existente.

O projeto em questão trata de um sistema fotovoltaico capaz de armazenar energia elétrica produzida durante o dia através de baterias chumbo ácidas estacionárias. Esta energia armazenada será utilizada para alimentar cargas industriais durante horários específicos do dia, incluindo o horário de ponta (de 2ª à 6ª feira das 18h às 21h ou das 19h às 22h no horário de verão). Este sistema será controlado e monitorado por um CLP (Controlador Lógico Programável), onde será possível informar qual o horário escolhido para se utilizar esta energia acumulada.

Para fins de cálculo, considera-se que esta planta fotovoltaica será instalada na cidade de Curitiba, no Estado do Paraná. Nesta instalação serão utilizados módulos fotovoltaicos de silício policristalino, controlador de carga para sistemas de armazenamento com bateria estacionária e um inversor de potência. Para efeito de cálculos, a carga instalada que será alimentada por esta planta fotovoltaica utiliza tensão nominal de 127 V. O esquema simplificado deste sistema pode ser visualizado na Figura 1.

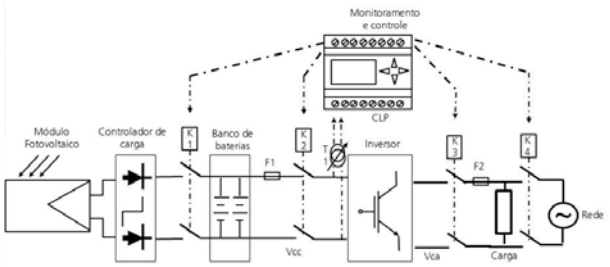


Figura 1 – Esquema simplificado do sistema fotovoltaico

A seguir será apresentada a etapa de dimensionamento da respectiva planta com os cálculos relacionados ao levantamento de cargas e seu consumo de energia.

II. CÁLCULO DO CONSUMO DIÁRIO

Para se iniciar o projeto de dimensionamento do sistema a ser instalado, primeiramente precisa-se conhecer quais cargas que se deseja alimentar utilizando esta tecnologia [2]. Para dar início a esta etapa, basta conhecer a potência instala de cada carga, quanto tempo por dia ela ficará alimentada pelo sistema e durante quantos dias na semana a mesma será utilizada. A Tabela 1 exemplifica como estas informações podem ser levantadas para se calcular o consumo diário, montando-se o quadro de cargas e seus respectivos cálculos. As expressões (2.1) e (2.2), [8], demonstram como foram obtidos os valores totais da potência nominal e do consumo diário de energia respectivamente.

Tabela 1– Levantamento de cargas

Qtde	Descrição da carga	Potência Nominal (W)	Potência Nominal total (W)	Total de uso diário (h/dia)	Uso semanal (dias na semana)	Consumo diário (Wh/dia)
3,0	Lâmpada eletrônica	15,0	45,0	4,0	7,0	180,0
Total			45,0			180,0

ISSN 1809-3957

$$Pnt = \Sigma(Pn\ x\ n) \quad (2.1)$$
$$Pnt = 15x3 = 45\ W$$
$$WD = \Sigma(Pn\ x\ t\ x\ n) \quad (2.2)$$
$$WD = 3x4x15 = 180\frac{Wh}{dia}$$

Onde,

Pnt = Potência nominal total da instalação, em Watt (W).
Pn = Potência nominal de cada equipamento, em Watt (W).
n = Número de equipamentos iguais instalados.
t = Tempo em que cada equipamento ficará ligado no dia em hora (h).
WD = Consumo diário em watt.hora (Wh / dia).

Desta forma, será considerado para o projeto um consumo diário de 180Wh /dia.

III. CÁLCULO DA CAPACIDADE DE CORRENTE DO SISTEMA

Esta etapa é importante para o correto dimensionamento da potência dos módulos fotovoltaicos, baterias e controladores de carga do sistema. Calcular a capacidade de corrente do sistema possibilitará o correto dimensionamento do banco de baterias e dos módulos fotovoltaicos.

Para este projeto adotar-se-á que o banco de baterias será composto por unidades cuja tensão nominal de cada bateria é igual a 12V em corrente contínua.

Assim, pode-se calcular a capacidade de corrente instantânea máxima para este sistema conforme a expressão (3.1) [1]:

$$Cinst = \frac{WD}{Ubat} \quad (3.1)$$

$$Cinst = \frac{180}{12} = 15\frac{Ah}{dia}$$

Onde,

Cinst = Capacidade de corrente instantânea máxima, em Ampér hora dia (Ah / dia).
Ubat = Tensão nominal do banco de baterias, em Volt (V).

Por segurança, geralmente utiliza-se um fator adicional para prever um aumento do consumo de forma que o sistema comporte com segurança esta alteração, caso ocorra. Para este projeto, será utilizado um fator de aumento de consumo de 10%. Assim, basta multiplicar o resultado da expressão (3.1) por 1,10, para se obter a capacidade de corrente instalada com o fator de aumento de carga (Cinst*), conforme o item (3.2).

$$Cinst* = Cinst\ (1 + 10\%) \quad (3.2)$$
$$Cinst* = 15x1{,}10 = 16{,}60\frac{Ah}{dia}$$

Será considerado para o projeto uma capacidade de corrente de 16,60 Ah / dia.

3.1 Cálculo das perdas

Neste item serão estimadas as perdas possíveis no sistema de forma a poder compensá-las durante o dimensionamento dos principais componentes do sistema. O ideal é que se tenha bem definido quais perdas e que tipos de perdas serão consideradas nesta instalação [8].

O método de cálculo utilizado para se estimar estas perdas será apresentado através da expressão (3.3) [1], onde o detalhamento de cada item está indicado na Tabela 2. Desta forma é possível obter o valor do Fator de Perdas Totais (KT) [1].

$$KT = [1 - (KB + KC + KR + KX)]x\left[1 - \frac{KAxDaut}{DOD}\right] \quad (3.3)$$

Tabela 2 – Descrição e valores utilizados para calcular o fator de perdas totais

Dias de autonomia ou número de dias na semana que podem ser suportados pelas baterias	Daut =	2,00
Máxima profundidade de descarga das baterias	DOD =	0,80
Perdas por auto descargas da bateria à 20°C	KA =	0,01
Perdas nas baterias por envelhecimento, fortes descargas ou baixas temperaturas	KB =	0,00
Perdas no inversor	KC =	0,08
Perdas no controlador de cargas	KR =	0,01
Perdas por efeito estimadas por Joule	KX =	0,00
Outras perdas	KV =	0,00
Rendimento Global		0,89

Aplicando-se a expressão (3.3) com os valores considerados na Tabela 2, encontrou-se o valor de KT igual a 0,89. Na sequência deve-se considerar este valor na capacidade de condução de corrente da referida planta de forma a eliminar ou reduzir a influência destas perdas no funcionamento do sistema. Assim, recalculamos o Cinst* para obter a capacidade de corrente máxima com perdas (Cmax) conforme o item (3.4) [1].

$$Cmax = \frac{Cinst*}{KT} \quad (3.4)$$

$$Cmax = \frac{16{,}60}{0{,}89} = 18{,}65\ \frac{Ah}{dia}$$

Estas informações serão importantes para se calcular o quantitativo de módulos fotovoltaicos e de baterias necessárias para o sistema.

IV. CÁLCULO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Nesta etapa serão calculados os parâmetros para se especificar os módulos fotovoltaicos necessários para compor o sistema. Além dos valores de Cmax calculados anteriormente (3.4), se fazem necessários os cálculos envolvendo HSP (Horas de Sol Pico) do local onde será instalada esta planta. HSP é uma unidade que mede a irradiação solar e é definida como o tempo em horas de uma hipotética irradiação solar constante de 1000 W/m2. Uma hora pico solar é igual a 3,6 MJ/m2 ou o equivalente a 1 kWh/m2 [3].

Conhecendo-se o local de instalação do projeto, pode-se obter alguns dados importantes para o dimensionamento, conforme apresentados na Tabela 3.

ISSN 1809-3957

Tabela 3 – Coordenadas geográficas da cidade Curitiba [4]

Latitude	Longitude	Localidade	U.F.	Pais	Média das temperaturas máximas
-25,44	49,22	Curitiba	PR	BRA	22,7

Utilizando estas coordenadas do local, pode-se obter a radiação diária média mensal através do software Sundata, disponível gratuitamente online [5], conforme apresentada na Tabela 4. Esta Tabela apresenta os valores de radiação diária média mensal referenciado ao plano horizontal, ou seja, com inclinação de 0° à uma superfície plana no ponto de coordenadas geográficas supracitado.

Tabela 4 – Radiação diária média mensal em kWh/m².dia [5]

UND	Inclinação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
HSP	0°	4,7	4,11	3,47	3,1	2,5	2,5	3,1	3,31	3,7	4,22	4,94	5,06

Neste projeto será considerada a metodologia onde o ângulo de inclinação será igual ao plano horizontal e na sequência os valores de HSP serão corrigidos para a inclinação do painel fotovoltaico relacionada à latitude do local da instalação [1].

Para sistemas autônomos, é recomendado que se tenha um ângulo de inclinação durante a instalação dos módulos, de forma a garantir a maior captação nos períodos de menor irradiância, período este próximo ao solstício de inverno [3].

4.1 Ângulo de instalação dos módulos FV

Para se determinar o ângulo de inclinação de instalação dos módulos fotovoltaicos referenciados ao plano horizontal, recomenda-se estudar a posição do Sol em cada mês de ano em função da latitude onde o painel será instalado, de forma e obter uma maior captação de incidência solar nesta área [10].

Para se determinar a inclinação de instalação do painel fotovoltaico orientado para o norte, aplicados à utilização doméstica ou outra não sazonal, deve-se adicionar 5° à latitude do local ou subtrair 5° nos países em que o painel deva estar orientado para o Sul [1]. Neste caso, como a cidade de instalação está localizada no hemisfério Sul, o painel deverá estar orientado para o Norte, e será adotado um ângulo de inclinação do painel fotovoltaico (α) igual à 30°, onde adicionou-se 5° à Latitude aproximada do local (φ).

Para isto, se faz necessário calcular a Declinação Solar (δs), que é o ângulo formado pela linha imaginária entre a Terra e o Sol, ao meio dia solar, com o plano do Equador para cada dia do mês, conforme a expressão (4.1) [1].

$$sen\ \delta s = sen\ 23{,}45° \ x\ sen\left[\frac{360(284+n)}{365}\right] \qquad (4.1)$$

Neste caso, n é o número de dias do ano, onde para o dia 01 de Janeiro n vale 1, para o dia 01 de marco n é igual a 60 e assim por diante, variando até 365. A Figura 2 esclarece o posicionamento de δs ilustrando a linha do Equador, os trópicos de Câncer e Capricórnio e o Sol. Importante ressaltar que em função da latitude, os módulos fotovoltaicos do projeto estarão orientados para o Norte e os sinais dos ângulos de correção se tornam negativos.

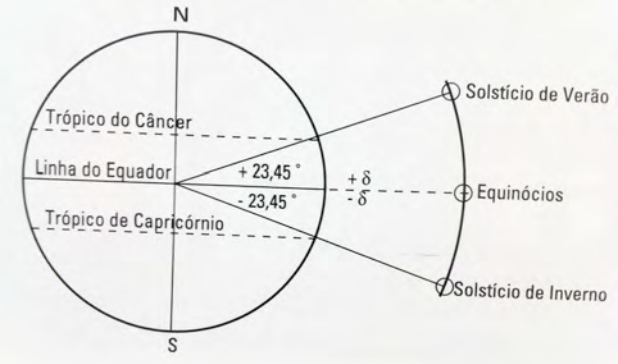


Figura 2 – Declinação Solar (δ_s) [1]

A Figura 3 mostra como o ângulo de incidência solar sobre o painel fotovoltaico nem sempre estará perpendicular ao plano dos mesmos, o que interfere em uma perda de incidência solar pela inclinação do painel e sua latitude, o que precisa ser corrigido para se obter um HSP mais próximo do real.

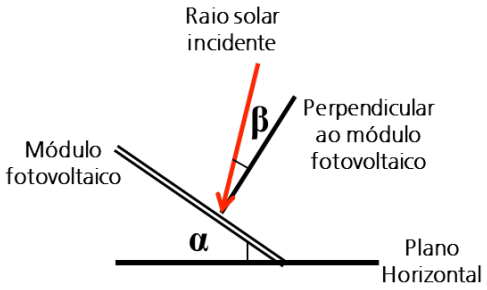


Figura 3 – Ângulo de incidência solar [1]

Na sequência, se faz necessário calcular o Fator de Correção (FC) que irá corrigir a inclinação do painel solar em relação à declinação solar na latitude da instalação, conforme as expressões (4.2) e (4.3) [1]. Conforme a Figura 3, o ângulo α é a inclinação do módulo fotovoltaico e o ângulo β é o ângulo de incidência solar referente à normal da superfície do módulo em questão.

Os valores de FC também deverão ser calculados para todos os dias do mês, onde será utilizado o maior valor encontrado para corrigir a radiação diária média mensal de cada mês, garantindo assim uma boa incidência solar para os dias de maior inclinação normal aos módulos.

$$\cos\beta = sen\ \delta s\ x\ sen\ \varphi\ x \cos\alpha \qquad (4.2)$$

$$FC = 1 - cos\beta \qquad (4.3)$$

Uma vez encontrado o valor de FC para cada mês, basta multiplicar os valores mensais de HSP por FC [11], onde obteve-se a Tabela 5.

Tabela 5 – HSP_k mensal para inclinação de 30° N

UND	Inclinação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
HSP	0°	4,7	4,11	3,47	3,1	2,5	2,5	3,1	3,31	3,7	4,22	4,94	5,06
FC	30° N	0,9	0,96	1,07	1,2	1,2	1,2	1,2	1,13	1,1	0,96	0,9	0,87
HSPk	30° N	4,16	3,95	3,71	3,58	3,14	3,06	3,70	3,74	3,85	4,05	4,45	4,40

Conforme a Tabela 5, pode-se identificar que a menor média de radiação ocorre no mês de Junho, com um valor de 3,06kWh/m².dia. Os módulos fotovoltaicos serão dimensionados de forma que a área de captação de energia

ISSN 1809-3957

solar consiga suprir a potência instalada considerando-se o mês com a pior média de radiação diária [6].

4.2 A escolha do módulo FV

Para a escolha do módulo, é importante levar em consideração a tensão nominal das baterias a serem utilizadas, onde não se aconselha utilizar módulos com tensão muito superior à tensão de carga de baterias. Como se definiu previamente que seriam utilizadas baterias de Ubat = 12V, optou-se por trabalhar com um módulo cuja Tensão em Potência máxima (VPmax) é igual a 17,7V. Este componente é fabricado pela Kyocera, cujo modelo é o KD135SX-UPU. As descrições simplificadas deste módulo podem ser visualizadas na Tabela 6.

Tabela 6 – Características do módulo fotovoltaico [7]

Standard Test Conditions (STC) *STC = 1000 W/M² irradiance, 25°C module temperature, AM 1.5 spectrum**			
	KD135SX-UPU	KD140SX-UPU	
P_{mp}	135	140	W
V_{mp}	17.7	17.7	V
I_{mp}	7.63	7.91	A
V_{oc}	22.1	22.1	V
Is_c	8.37	8.68	A
$P_{tolerance}$	+5/-5	+5/-5	%
Nominal Operating Cell Temperature Conditions (NOCT) *NOCT = 800 W/M² irradiance, 20°C ambient temperature, AM 1.5 spectrum**			
T_{NOCT}	45	45	°C
P_{max}	97	101	W
V_{mp}	16.0	16.0	V
I_{mp}	6.10	6.33	A
V_{oc}	20.2	20.2	V
I_{sc}	6.78	7.03	A

Com estas informações, se torna possível fazer um dimensionamento mais preciso do sistema. As próximas etapas do dimensionamento serão realizadas levando-se em consideração os valores máximos das médias de temperaturas ambientes anuais do local da instalação, de forma a prever as perda correlacionadas com a temperatura do local da instalação.

Para saber qual será a aproximada perda de máxima potência por aquecimento de cada módulo fotovoltaico (L°C Pmp) em função da temperatura ambiente, deverá ser considerado o coeficiente de temperatura para a máxima potência (°C Pmax) e a média das temperaturas máximas anuais (MTM), conforme a expressão (4.4).

$$L\text{ºC } Pmp = Pmax' \; x \; MTM \qquad (4.4)$$

$$L\text{ºC } Pmp = -0{,}45 \; x \; 22{,}7 = \; -10{,}21\%$$

Desta forma sabe-se a potência máxima de cada módulo sofrerá uma queda de 10,21% do seu valor nominal (135Wp), ou seja, a potência máxima corrigida de cada módulo será de 121,22Wp. Percebe-se que existe uma redução significativa da potência de geração em função da temperatura ambiente. O mesmo raciocínio deverá ser aplicado para corrigir-se a tensão em máxima potência (Vmp), onde deverá ser utilizado o coeficiente de temperatura para a tensão em máxima potência (°C Vmp), conforme a expressão (4.5).

$$L\text{ºC } Vmp = Vmp' \; x \; MTM \qquad (4.5)$$

$$L\text{ºC } Imp = -0{,}52 \; x \; 22{,}7 = -11{,}80\%$$

Desta forma sabe-se que a Vmp de cada módulo, cujo valor nominal é de 17,7V, sofrerá uma queda de 11,80% do seu valor nominal. Assim a tensão em máxima potência corrigida (Vmpk) será de 15,61V.

Aplicando-se o mesmo conceito para corrigir os valores de corrente em máxima potência (Imp), deverá ser utilizado o coeficiente de temperatura para a corrente em máxima potência (°C Imp), conforme a expressão (4.6).

$$L\text{ºC } Imp = Imp' \; x \; MTM \qquad (4.6)$$

$$L\text{ºC } Imp = 0{,}0066 \; x \; 22{,}7 = 0{,}15\%$$

Isto representa que a corrente em máxima potência de cada módulo (Imp = 7,63A) terá um acréscimo de 0,15%, ou seja, corrente em máxima potência corrigida (Impk) será de 7,64A.

Agora, corrigindo-se os valores da corrente de curto circuito (Isc), deverá ser utilizado o coeficiente de temperatura para a corrente de curto circuito (°C Isc), conforme a expressão (4.7).

$$L\text{ºC } Isc = Isc' \; x \; MTM \qquad (4.7)$$

$$L\text{ºC } Imp = 0{,}060 \; x \; 22{,}7 = 1{,}36\%$$

Isto representa que a corrente de curto circuito de cada módulo (Isc = 8,37A) sofrerá um acréscimo de 1,36%, ou seja, a corrente de curto circuito corrigida (Isck) será de 8,48A.

Utilizando-se os valores corrigidos calculados em (4.4), (4.5), (4.6) e (4.7), as demais etapas do dimensionamento poderão ser executadas. O próximo passo será calcular a capacidade de corrente de cada módulo fotovoltaico (Cimod) em função de HSP_k, conforme será apresentada na expressão (4.8).

$$Cimod = Impk \; x \; HSPk \qquad (4.8)$$

$$Cimod = 7{,}64 \; x \; 3{,}06 = 23{,}38 \frac{Ah}{dia}$$

Uma vez calculado o valor de Cimod, já se pode calcular o número de módulos associados em série e paralelo para compor os módulos fotovoltaicos da instalação. Para isto, utilizar-se-ão as expressões (4.9) e (4.10), considerando-se que os resultados deverão ser arredondados para cima de forma a obtermos um número inteiro.

$$Nmod \geq \frac{Ubat}{Vmpk} \qquad (4.9)$$

$$NmodS \geq \frac{12}{15{,}61} \therefore NmodS \geq 0{,}76$$

ISSN 1809-3957

Onde,

NmodS = número de módulos em série

Desta forma será adotado NmodS = 1, ou seja, um módulo na conexão série.

$$NmodP \geq \frac{Cmax}{Cimod} \quad (4.10)$$

$$NmodP \geq \frac{18{,}50}{23{,}38} \therefore NmodP \geq 0{,}79$$

Onde,

NmodP = número de módulos em paralelo.

Desta forma será adotado NmodP = 1, ou seja, número de módulos na conexão paralelo igual a um.

Conforme os cálculos apresentados em (4.9) e (4.10), será necessário um módulo fotovoltaico com as características da Figura 4 para atender ao projeto em questão.

V. CÁLCULO DA BATERIA

Para se dimensionar adequadamente a bateria ou baterias a serem utilizadas, optou-se por escolher o tipo de bateria estacionária cuja Ubat é igual a 12Vcc. Para isto, se faz necessário conhecer algumas características da bateria escolhida, de forma a não proporcionar uma saturação precoce destes dispositivos [1]. A Figura 4 apresenta um exemplo de curva de número de ciclos x profundidade de descarga da bateria, que ajudará a tomar uma decisão importante relacionada à profundidade de descarga da bateria em regime de descarga. Deve-se utilizar a curva do modelo de bateria que será utilizado no projeto. Para este caso ainda não será escolhido o fabricante e modelo, mas será adotado um valor máximo para a profundidade de descarga (DOD) de 80%, que normalmente é encontrado nos manuais dos fabricantes.

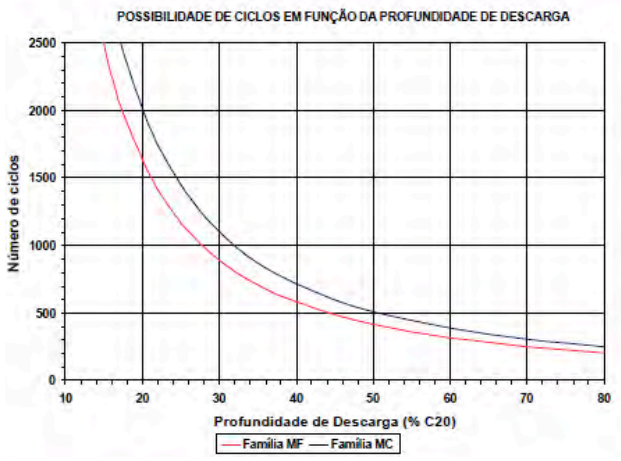


Figura 4 - Curva de Número de ciclos x profundidade de descarga [9]

$$Cbat = \frac{Cmax\ x\ Daut}{DOD} \quad (5.1)$$

$$Cbat = \frac{18{,}5\ x\ 2}{0{,}8} = 46{,}3\ Ah$$

Assim, o banco de baterias deverá ter uma capacidade de corrente mínima de 46,3 Ah a uma tensão de 12Vcc. Se o valor fosse maior que os valores comercialmente encontrados no mercado, ou seja, geralmente acima de 220 Ah dependendo do fabricante, deveria utilizar-se de outros cálculos para saber quantas baterias em paralelo seriam necessárias para compor o banco de baterias em função da capacidade de corrente e o número de baterias em série, em função da tensão necessária.

Como o valor é relativamente baixo, pode ser adotado para este projeto uma bateria com capacidade de 50 Ah com tensão nominal de 12Vcc, encontrada facilmente no mercado nacional.

VI. CÁLCULO DO CONTROLADOR DE CARGA

O controlador de carga deve ser especificado de modo a conseguir suprir o carregamento da bateria sem que sua corrente nominal seja extrapolada, considerando-se a associação de módulos fotovoltaicos por string que estarão relacionadas ao controlador. Neste projeto, como foi dimensionado um único módulo para compor o painel fotovoltaico, o número de strings de módulos associados é igual a um. A metodologia a ser utilizada é bastante simples [1], mas garantirá que este dispositivo consiga trabalhar de forma segura e atendendo às expectativas do projeto. A memória de cálculo será apresentada conforme o item (6.1) e (6.2).

$$Icg = N\ x\ Isc \quad (6.1)$$

$$Icg = 1x8{,}37 = 8{,}37\ A$$

Onde,

Icg = Corrente nominal do controlador de carga.
N = Número de Strings que estarão conectadas ao controlador de carga.

Conforme a literatura [1] deve-se utilizar um fator de segurança entre 10 e 15% sobre a corrente máxima calculada para se preservar a vida útil do equipamento. Neste caso será adotado um Fator de Segurança do Controlador de Carga (Fscg) de 10% conforme o item (6.2).

$$Icgs \geq Icgx\ (1 + Fscg) \quad (6.2)$$
$$Icgs \geq Icgx(1 + 0{,}1) \therefore Icgs \geq 9{,}21\ A$$

Onde,

Icgs = Corrente nominal do controlador de carga com fator de segurança.
Fscg = Fator de segurança do controlador de carga.

Desta forma, pode-se utilizar com segurança um controlador de carga para uma corrente de 10A, que é comumente comercializado.

VII. CÁLCULO DO INVERSOR

Para dimensionar o inversor sem problemas de atendimento de potência quando em funcionamento real, deve-se considerar que o mesmo não estará com um

ISSN 1809-3957

carregamento total (100%) de sua potência com o intuito de preservar a vida útil do equipamento. Neste caso, uma prática conservadora de mercado recomenda um carregamento de 50 a 70% do mesmo [1]. Isto evitará sobrecargas do equipamento e o prevenirá de elevadas potências instantâneas em caso de curto circuito, perdas nas instalações, descargas atmosféricas, dentre outros. Para este projeto será considerado o carregamento máximo do inversor de 70%. Como a potência do inversor está diretamente relacionada com a potência da carga instalada, de forma que todas as cargas possam ser ligadas ao mesmo tempo, neste caso, este dimensionamento será utilizado conforme e expressão (7.1).

$$Pinv \geq \frac{Pnt}{Fut} \qquad (7.1)$$

$$Pinv \geq \frac{45}{0,7} \therefore Pinv \geq 64,2\ W$$

Onde,

Pinv = Potência nominal do inversor.
Fut = Fator de utilização do inversor.

Desta forma, pode-se utilizar com segurança um inversor específico para trabalhar com sistemas isolados cuja potência seja igual ou superior a 64,2W, cuja tensão de entrada seja de 12 V (corrente contínua) e a tensão de saída seja 127 V (corrente alternada), respeitando-se as características nominais das cargas da instalação.

VIII. ESPECIFICAÇÃO DOS COMPONENTES

Conforme calculado anteriormente, os componentes que farão parte do sistema podem ser especificados tecnicamente de acordo com as condições de custo disponíveis e fabricantes que possuam estes componentes com as características abaixo, conforme apresentado na Tabela 7.

Tabela 7– Descrição dos componentes do sistema

Quantidade	Componente	Característica básica	Fabricante	Modelo
1	Módulo Fotovoltaico	Módulo policristalino / 135Wp	Kyocera	KD135SX-UPU
1	Controlador de carga	Corrente nominal de 10A / 12Vcc	Unitron	SML 10
1	Bateria	Acumulador chumbo ácido estacionário 12Vcc/ 50Ah	À definir	À definir
1	Inversor	Potência nominal ≥ 64,2W / 12 Vcc/ 115-130 Vca	Unitron	IVolt 150

Desta forma, o modelo mais adequado e o fabricante não deverão interferir em mau funcionamento do sistema, uma vez que os cálculos foram realizados de forma cautelosa e conforme a literatura apresentada.

IX. CONCLUSÕES

Conforme a metodologia apresentada neste trabalho, pode-se perceber que o dimensionamento de um sistema fotovoltaico com armazenamento de energia pode apresentar valores e parâmetros diferentes em função da localização geográfica em que será instalado o sistema. Não somente relacionado aos cálculos que se utilizam da latitude e HSP do local, mas pode-se observar também que a correção de alguns cálculos dos módulos FV em função da temperatura local podem ser primordiais para um dimensionamento seguro e que proporcione um maior aproveitamento dos recursos desta fonte. Isto certamente influenciará na relação custo benefício do projeto.

Esta metodologia pode ser utilizada com segurança para pequenas plantas FV, como o exemplo apresentado, bem como para instalações de maior porte. Segundo a literatura utilizada, considera-se que os resultados encontrados foram satisfatórios e a especificação dos componentes do sistema serão fundamentais para a aquisição destes componentes. Os mesmos serão utilizados para construção do protótipo do sistema FV apresentado para futuros testes em laboratório.

X. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento – Lactec pelo incentivo à busca do conhecimento e ao PRODETEC pelo apoio na elaboração deste trabalho, que está relacionado ao programa de Mestrado Profissional em Desenvolvimento de Tecnologia, sob a orientação do Prof. Dr. Rogers Demonti.

XI. REFERÊNCIAS

[1] MORAIS, Josué Lima. **Sistemas Fotovoltaicos, da Teoria à Prática.** Porto: Editora Edição de Autor, 2009.
[2] LOPEZ, Ricardo Aldabó. **Energia Solar.** São Paulo: Artliber, 2002.
[3] CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito/ CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. **Cálculo no Plano Inclinado**. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/sundata/index.php#sundata. Acessado em: 20/01/2013.
[4]INMET- Instituto Nacional de Meteorologia. **Médias climatológicas**. Disponível em: www.inmet.gov.br/html/clima/mapas/img/tmaxanox.jpg. Acessado em: 20/01/2013.
[5] CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito/ CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. **Potencial Energético Solar -SunData** . Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/sundata/. Acessado em: 20/01/2013.
[6] GUIMARÃES, Ana P. C., 1995. **Estudo Solarimétrico com base na definição de mês padrão e sequência de radiação diária**. Dissertação de M.Sc., Departamento do Engenharia Mecânica, EE/UFMG, Rio de Janeiro, Brasil.
[7] KYOCERA. **High efficiency multicrystal photovoltaic module HIGH - KD 135 P, SX Series: Technical guide**. Disponível em: http://www.kyocerasolar.com/assets/001/5342.pdf. Acessado em: 20/01/2013.

[8] CALVIN, Geraldo. **Instalações Elétricas Prediais: Conforme Norma NBR 5410: 2004**. São Paulo: Érica, 2009.
[9] MOURA – Acumuladores Moura S.A.. Clean – **Baterias estacionárias: Manual Técnico**. Disponível em:http://manoel.pesqueira.ifpe.edu.br/fmn/anterior/2010.2/infra/CLEAN.PDF. Acessado em : 28/12/2012.
[10] PEREZ, R.; STEWART, R.; ARBOGAST, C.; SEALS, R.; SCOTT, T. **An anisotropic hourly diffuse radiation model for sloping surfaces, description, performance, validation, site dependency evaluation**. Solar Energy, v. 36, n. 06, p. 481-497, 1986.
[11] BUGLER, J.W. **The determination of hourly insolation on an inclined plane using a diffuse irradiance model based on hourly measured global horizontal insolation**. Solar Energy, [S.l.], v. 19, p. 477-91, 1977.

XII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

PROPOSIÇÃO DE PROJETOS DE P&D PARA O SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO BASEADA EM METODOLOGIAS DE ENGENHARIA DE PRODUTO

JOÃO ADALBERTO PEREIRA[1, 2]; OSÍRIS CANCIGLIERI JÚNIOR[1]; ANA MARIA ANTUNES GUIMARÃES[2]
1 – PUCPR-PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ;
2 – COPEL-COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA
japereira@creapr.org.br; osiris.canciglieri@pucpr.br; anamaria@copel.com

Resumo - Recentemente o desenvolvimento de produtos foi inserido como uma das metas do Programa de P&D do Setor Elétrico Brasileiro, regulamentado pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), de forma a incentivar a transferência de tecnologia para o setor produtivo. Neste contexto, o presente trabalho sugere uma sistemática para ser aplicada na elaboração de novas propostas de projetos de P&D para o setor elétrico pautada em metodologias consagradas de Engenharia de Produtos. Como resultado, espera-se a diminuição do prazo de execução dos novos projetos, redução de custos de reengenharia e estimulo à geração de produtos inovadores para setor elétrico.

Palavras-chave: Engenharia de Produto. Setor Elétrico. Pesquisa e Desenvolvimento.

I. INTRODUÇÃO

Até recentemente o desenvolvimento de produtos não fazia parte da cadeia de inovação proposta pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) em sua regulamentação para proposição de projetos de pesquisa dentro do Programa de P&D do Setor Elétrico Brasileiro, estabelecido pela Lei nº 9.991/2000 (DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO, 2000).

Porém, a partir de 2008 esta premissa foi inserida no Programa através de projetos categorizados como CS (Cabeça de Série), LP (Lote Pioneiro) e IM (Inserção de Mercado) na cadeia de inovação proposta (ANEEL, 2008) de forma a incentivar a transferência de tecnologia para o setor produtivo. Este fato gerou a necessidade de busca por conhecimentos específicos e modelos metodológicos mais adequados à proposição e gestão de novos projetos de P&D para o setor elétrico, principalmente para aqueles com propósitos de geração de produtos industrializados prontos para o mercado. Também motivou a adequação da cadeia de inovação, como descrito por Pereira & Canciglieri (2011).

É neste contexto que o presente trabalho sugere uma sistemática pautada em metodologias consagradas de Engenharia de Produtos desenvolvidas para setor industrial para ser aplicada na elaboração de novas propostas e gestão de projetos de P&D para o setor elétrico.

II. METODOLOGIA DE PESQUISA

A estratégia de pesquisa adotada no desenvolvimento deste trabalho foi o estudo de caso com abordagem qualitativa, tendo como unidades de análise o processo de gestão de projetos de P&D adotado pela COPEL (Companhia Paranaense de Energia Elétrica) e métodos de engenharia de produtos já difundidos no setor industrial.

Como procedimento técnico da pesquisa, considerou-se inicialmente uma revisão da literatura sobre os critérios para elaboração de propostas de projetos de P&D para o setor elétrico, regulamentados pela ANEEL através do *Manual do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica* (ANEEL, 2012). Na sequência, foram realizados estudos exploratórios sobre modelos de engenharia de produtos normalmente adotados nos processos industriais. Finalmente, definiu-se um modelo baseado nos conceitos de engenharia de produtos para proposição de novos projetos de P&D para o setor elétrico.

O resultado é apresentado na forma de uma metodologia para elaborar propostas de projetos de P&D para o setor elétrico nacional que tem como plano de fundo os modelos e ferramentas de desenvolvimento de produto.

Apesar de se ter tomado como unidade de análise somente o processo de gestão de P&D adotado pela COPEL, o modelo proposto é genérico podendo ser aplicado por qualquer concessionária de energia no Brasil.

III. DEFINIÇÃO DO MODELO

Conforme demonstrado em trabalho de pesquisa anterior (PEREIRA & CANCIGLIERI, 2011), projetos de P&D classificados pela ANEEL como DE (*Desenvolvimento Experimental*), CS (*Cabeça de Série*) e LP (*Lote Pioneiro*) apresentam evidentes características de Projetos de Sistemas Multidisciplinares, uma vez que são executados por equipes de pesquisadores com diferentes competências (MULLER, 2011). Conforme demonstram Asimov (1968) e Machado e Toledo (2000), projetos de desenvolvimento com características predominantemente sequenciais, como é o caso de projetos de P&D ANEEL, tendem a apresentar dificuldade de interação entre as suas diversas etapas.

Neste sentido, buscou-se identificar um modelo para elaboração de novos projetos de P&D para o setor elétrico que promovesse maior integração entre as etapas e, consequentemente, maior interação entre as equipes multidisciplinares, fazendo com que as diferentes tecnologias envolvidas em um projeto de P&D se complementem de forma mais harmoniosa e funcional.

Dos estudos realizados abordando diversos modelos de engenharia de produto (PEREIRA & CANCIGLIERI, 2012), optou-se pelo *Modelo Unificado* (ROZENFELD *et*

ISSN 1809-3957

al., 2006) como base para a elaboração de propostas de projetos de P&D para o setor elétrico (figura 1) como será exemplificado no decorrer do texto.

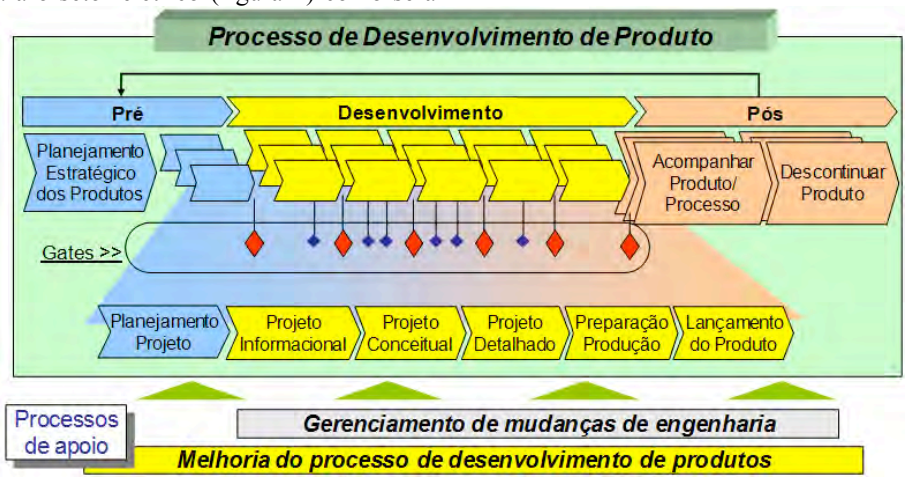


Figura 1 - Modelo Unificado para desenvolvimento de produtos. Fonte: Rozenfeld *et al.* (2006)

IV. MODELO

A decisão para a escolha do *Modelo Unificado*, originalmente proposto para desenvolvimento de produtos industriais, foi o fato deste combinar conceitos definidos por Pahl & Beitz (1988) com os de Engenharia Simultânea (CASAROTTO *et al*., 1999; HARTLEY, 1997) agregando características de concatenamento estratégico e simultaneidade entre as etapas com aplicação de uma variedade de ferramentas de processos (tabela 1) que podem ser adaptadas conforme as necessidades (PEREIRA & CANCIGLIERI, 2012). Além de que, as etapas de desenvolvimento propostas no modelo podem ser facilmente associadas às etapas da cadeia de inovação proposta no *Manual de P&D da ANEEL* (ANEEL, 2012).

Uma característica predominante na gestão dos projetos de P&D, e que também se faz presente no *Modelo Unificado*, é o fato de que a aprovação dos resultados de cada fase deve ser formalmente realizada. Para este último, é feita através de um processo de transição denominado *GATE*, cujo objetivo é o de responder questões cruciais quanto à continuidade do projeto. Esta característica é de fácil assimilação quando se verifica a regulamentação da ANEEL para projetos de P&D, que aconselha definir produtos parciais ao término de cada etapa, o que dá a segurança necessária para a continuidade do projeto (PEREIRA & CANCIGLIERI, 2011).

V. MÉTODOS E FERRAMENTAS

Métodos ou ferramentas de apoio são meios para auxiliar a realização das atividades nos *Processos de Desenvolvimento de Produtos* (ROZENFELD *et al*., 2006). Da literatura, podem-se citar ferramentas como o *QFD* (AKAO, 1990; HAUSER & CLAUSING, 1988; ROZENFELD *et al*., 2006), o *WBS* (CLARK & FUJIMOTO, 1991), o *FAST* (BYTHEWAY, 2007), o *FMEA* (ROZENFELD *et al*., 2006), o *DFX* (HUANG, 1996; ROZENFELD *et al*., 2006), o *DFMA* (BAXTER, 2000), o *RP* (CREVELING *et al*., 2002; ROSS, 1995), dentre outros (BACK *et al*., 2008; CROSS, 2008) que podem ser adotados, com pouca ou nenhuma adaptação para aplicação nos projetos de P&D ANEEL, uma vez que foram concebidos para o desenvolvimento de produtos em geral, conforme sugere a tabela 1.

VI. PROPOSTA DE PROJETOS DE P&D

Os conceitos estudados foram aplicados na elaboração de uma proposta de projeto de P&D hipotético caracterizado como Cabeça de Série (CS) conforme os critérios da ANEEL (ANEEL, 2012).

A escolha por um projeto CS se deve à amplitude de aplicação do *Modelo Unificado*, permitindo ilustrar atividades de pesquisa para soluções inovadoras, desenvolvimento de novas técnicas e engenharia de produtos em um só projeto.

Tabela 1 - Ferramentas de engenharia de produto passíveis de aplicação no P&D ANEEL.

Método	Descrição	Função no Modelo Unificado	Função no P&D ANEEL
QFD	*Quality Function Deployment*	Planejamento Estratégico; Planejamento; Projeto Informacional; Projeto Conceitual, Projeto Detalhado; Preparação para a Produção.	Planejamento; Definição da expertise; Especificação do produto; Refinamento do projeto.
WBS	*Working Breaking down Structure*	Planejamento do Projeto.	Planejamento do projeto e definição dos produtos.
FAST	*Function Analysis System Technique*	Projeto Conceitual.	Definir, analisar, entender e correlacionar funções do produto.
FMEA	*Failure Modes and Effects Analysis*	Projeto Detalhado.	Detecção de potenciais falhas, no projeto e no processo.
DFX	*Design for X*	Projeto Conceitual; Projeto Detalhado.	Auxílio nas tomadas de decisões nas várias fases do P&D.
DFMA	*Design for Manufacturing and Assembly*	Projeto Detalhado.	Refinamento de protótipos, método, processo, etc.
RD	*Robust Design*	Projeto Detalhado; Preparação para a Produção.	Refinamento com vista ao Cabeça-de-série (CS).

Fonte: Rozenfeld *et al*.(2006)

ISSN 1809-3957

O objeto escolhido para a proposta de projeto foi o protótipo do equipamento *Identificador de Fases para Redes de Baixa Tensão*, desenvolvido em projeto de P&D anterior caracterizado como *Desenvolvimento Experimental* (DE) (PEREIRA *et al*., 2001).

A elaboração da proposta do projeto de P&D teve por base a realização de três etapas, a saber: *Planejamento*, *Definição das Etapas do Projeto* de P&D e *Formatação da Proposta* de Projeto conforme os critérios da ANEEL (ANEEL, 2012).

VII. PLANEJAMENTO

Na fase de *Planejamento* do projeto de P&D (Pré-Desenvolvimento no *Modelo Unificado*) foi aplicada a *Lista de Requisitos* da ferramenta *QFD* (*Quality Function Deployment*) (PAHL & BEITZ, 1988) para definir as principais características do projeto a ser executado, as quais: equipes multidisciplinares necessárias para execução da pesquisa; dimensionamento e simultaneidade entre as etapas de execução do projeto; alocação dos *GATES*; definição das tecnologias a serem utilizadas e o conceito básico para o produto que se pretende desenvolver.

Um aspecto importante sobre a ferramenta *QFD* é que, por utilizar de uma metodologia baseada em trabalho coletivo, faz com que os membros das equipes desenvolvam uma compreensão comum sobre as decisões tomadas durante as fases do projeto, suas razões e suas implicações, tornando-se mais comprometidos com as decisões tomadas coletivamente. Para aplicação ao caso hipotético, a etapa de *Planejamento* do projeto de P&D teve início com a coleta de informações diretamente com os usuários do equipamento que será desenvolvido. Esta etapa envolveu entrevistas formais com pessoal técnico da concessionária que normalmente executa os trabalhos de balanceamento de cargas em redes de distribuição de energia elétrica e que já testou o protótipo do equipamento (PEREIRA *et al*., 2001).

Os *Requisitos do Cliente*, aplicados ao *QFD* (MIGUEL, 2008) foram classificadas por seu grau de importância, tiveram eliminadas suas redundâncias e foram avaliados de forma criteriosa para obter os requisitos principais (ou características) do produto que será desenvolvido.

Não somente isto, as informações advindas do *QFD* serviram também para definir os requisitos da proposta de desenvolvimento, base para a fase seguinte de *Definição das Etapas do Projeto* de P&D.

A figura 2 ilustra parte do processo de planejamento onde, a partir da *Lista de Requisitos* do *QFD*, definiu-se a expertise necessária para o desenvolvimento do projeto de pesquisa.

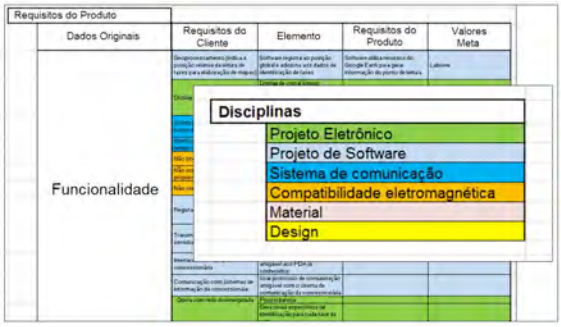


Figura 2 – Lista de requisitos do cliente aplicada na elaboração da proposta de projeto

A figura 3 nos dá uma ideia do que seria o equipamento conceito, fruto das informações contidas no *QFD*. Nele está exposto de forma clara e direta o desejo do cliente, foco principal do projeto de pesquisa.

Figura 3 – Equipamento conceito

VIII. DEFINIÇÃO DAS ETAPAS DO PROJETO

Como resultado do planejamento inicial, a figura 4 ilustra a sequência de etapas que foi definida para o desenvolvimento do projeto de P&D de acordo com fundamentos de simultaneidade e multidisciplinaridade propostos por Casarotto *et al*. (1999) e Hartley (1997). A metodologia por trás da sequência sugere a aplicação das ferramentas de desenvolvimento de produtos nas diversas fases do desenvolvimento do projeto (coluna à direita), adaptadas conforme a aplicação.

Sugere-se que para as etapas que tratam do desenvolvimento e refinamento de tecnologias aplicadas ao novo equipamento (Etapas 1 a 9 do Ano 1) sejam alocados pesquisadores da equipe que desenvolveu o protótipo (DE em P&D anterior) suplementada por especialistas em desenvolvimento de produto, objetivando, assim, a criação da produção em série, foco principal do projeto CS, como proposto.

ISSN 1809-3957

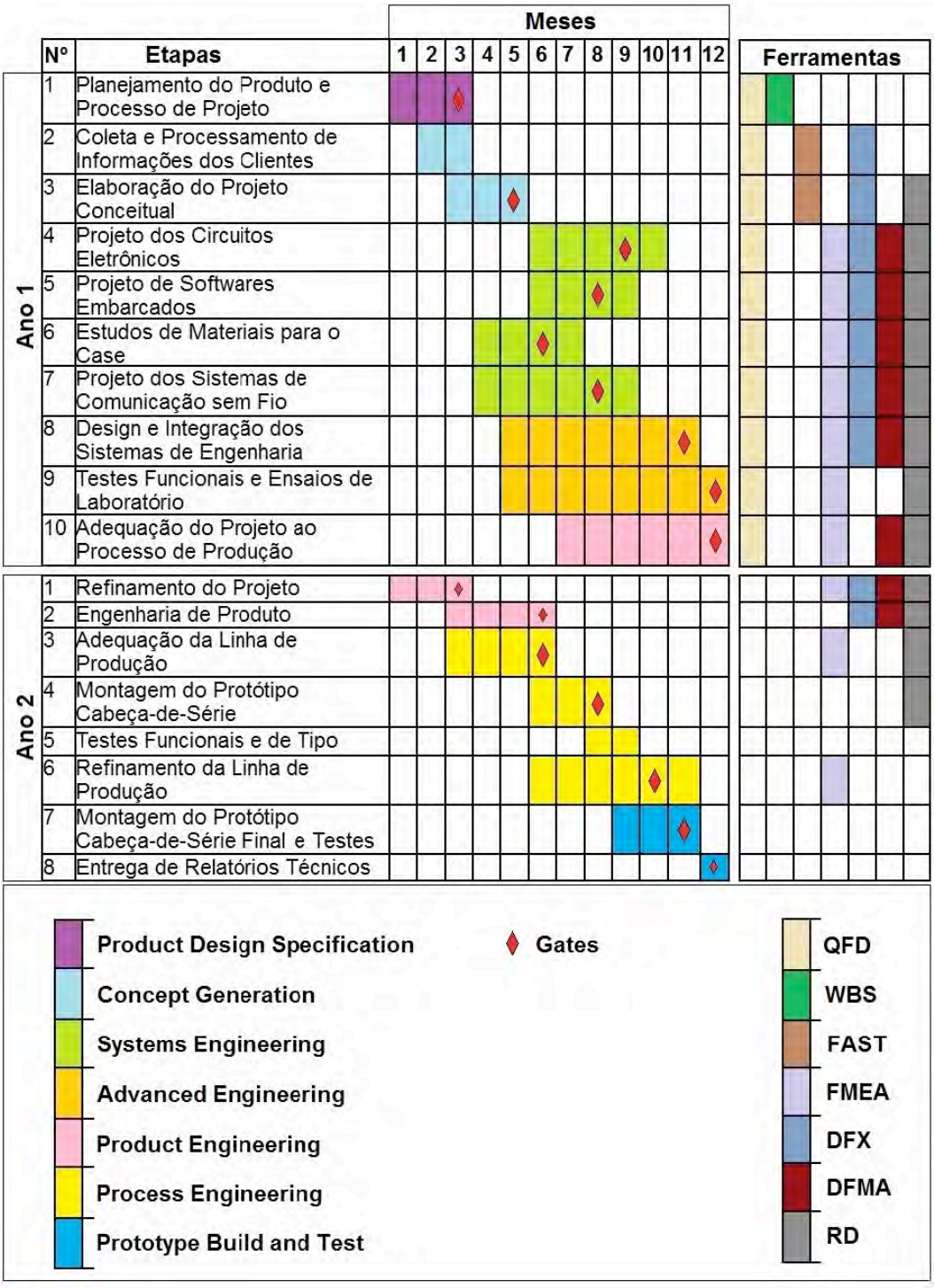


Figura 4 - Etapas propostas para desenvolvimento do projeto de P&D ANEEL

IX. FORMATAÇÃO DA PROPOSTA

Para a formatação da proposta de projeto de P&D foram considerados os critérios apontados *no Manual de P&D ANEEL* (ANEEL, 2012), sendo estes: *Originalidade*, *Aplicabilidade dos Resultados*, *Relevância* e *Razoabilidade de Custos*.

De acordo com o atual regulamento, o critério *Originalidade* é fator eliminatório para as propostas de projetos classificados como PB (Pesquisa Básica), PA (Pesquisa Aplicada) e DE (Desenvolvimento Experimental), para as quais deve ser comprovado seu ineditismo frente ao estado da arte. Este critério é avaliado segundo os quesitos: *Desafios* (complexidade), *Avanço Tecnológico* e *Produtos* gerados.

Para o critério *Aplicabilidade dos Resultados* os quesitos considerados são o *Contexto* do projeto, sua *Abrangência* e *Comprovação de Funcionalidade*.

O critério *Relevância* é analisado sob o ponto de vista da *Capacitação Profissional e Tecnológica* advinda do processo de pesquisa, bem como dos *Impactos Socioambientais* e *Impactos Econômicos* decorrentes da aplicação da nova tecnologia.

O critério *Razoabilidade de Custos* faz frente aos impactos econômicos decorrentes dos resultados do projeto, para os quais os benefícios econômicos devem ser evidenciados por meio da *Justificativa dos Recursos* aplicados no desenvolvimento e de estudos de

ISSN 1809-3957

Viabilidade Econômica ou expectativa de retorno do investimento realizado.

A tabela 2 ilustra a proposta de projeto de P&D para o *Desenvolvimento do Equipamento Identificador de Fases Cabeça de Série* conforme descrito anteriormente.

Para uma melhor compreensão, a proposta, quanto à sua formatação, foi dividia em duas partes, sendo uma *Descritiva* e outra *Analítica*.

A primeira parte, *Descritiva*, contém as informações básicas do projeto, incluindo informações do tipo: instituições envolvidas, equipes de pesquisadores, motivação, justificativas, objetivos, benefícios esperados, metodologia e estado da arte. Estas informações servirão também com base para elaboração da segunda parte, *Analítica*, que contém as justificativas pertinentes aos quatro critérios definidos pela ANEEL que caracterizam o projeto como P&D.

Tabela 2 - Proposta de projeto de P&D ANEEL

Proposta de projeto de P&D ANEEL para desenvolvimento do Equipamento Identificador de Fases Cabeça de Série		
VISÃO DESCRITIVA		
1	Preâmbulo	Duração: 24 meses; Segmento: D; Tema: PL; Fase na cadeia de Inovação: *CS*; Tipo de Produto: ME; Produto: Protótipo industrial (ANEEL, 2012).
2	Grupo de Pesquisa	
2.1	Instituições	Centro de Pesquisa; Universidade; Indústria parceira do setor de equipamentos eletrônicos de monitoramento e testes com redes elétricas.
2.2	Equipe	Gerente (concessionária); Coordenador (ICT ou universidade); Pesquisadores mestres e doutores em Eletrônica, Eletrotécnica, *Software*, Materiais, Engenharia de Produto; Técnicos (concessionária) e Auxiliar Administrativo.
3	Motivação	Não existe equipamento compatível no mercado nacional.
4	Objetivos	Desenvolver linha de produção para o equipamento.
5	Justificativas	Aperfeiçoamento da tarefa de equilíbrio de carga na rede elétrica.
6	Benefícios Esperados	Redução de custos, agilidade, precisão e segurança do serviço.
7	Metodologia	*Modelo Unificado* adaptado. Sequência de etapas conforme figura 4.
8	Estado da Arte	Dois equipamentos importados (custo elevado): *PIL 8* (áudio frequência) (BIESOLD, 2011) e *ARIADNA IF3* (*RFID*[1]) (ARIADNA, 2011)
VISÃO ANALÍTICA		*Critérios considerados na avaliação da ANEEL (ANEEL, 2012).*
1 ORIGINALIDADE		**OBS: Não obrigatória para projetos de *CS*.**
1.1	Estado da Arte	Não há no mercado nacional um produto semelhante.
1.2	Desafios	Projeto robusto para atividades de campo com design ergonômico; adequação às tecnologias *Smart Grids*[2]; aplicável em sistemas operacionais *Windows*.
1.3	Avanço	Comunicação com a central da concessionária, localização por *GPS*[3], tráfego de dados bidirecional, uso de software *LabView*[4] para implementação da função de identificação de fases em contrapartida ao dispositivo *EPLD*[5] empregado no protótipo.
1.4	Produto	Equipamento robusto de custo acessível, design ergonômico e compatível com as normas ISO 90016.
2 APLICABILIDADE		
2.1	Contexto	Balanceamento de cargas em redes aéreas e subterrâneas de distribuição de energia elétrica.
2.2	Abrangência	Aplicável no contexto nacional e internacional das concessionárias de energia elétrica.
2.3	Comprovação da Funcionalidade	Testes funcionais em laboratório, campo e compatibilidade eletromagnética.
3 RELEVÂNCIA		
3.1	Capacitação Profissional	Mestrado na área de design de produtos e doutorado em sistemas modernos de comunicação de dados para redes *Smart Grids*.
3.2	Capacitação Tecnológica	Artigos em revistas em congressos e afins; aquisição de equipamentos específicos incrementando a infraestrutura das entidades e patentes relacionadas ao novo produto.
3.3	Impactos Socioambientais	Uso de materiais e processos pouco agressivos ao meio ambiente e planejamento para descarte e reciclagem de materiais no final de vida útil (considerar os aspectos ISA1 e ISA4).

Continua na página seguinte.

ISSN 1809-3957

Continuação da Tabela 2

2.3.4	Impactos Econômicos	Aumento da eficiência dos serviços com redução de custos operacionais. Qualidade do fornecimento de energia. Comercialização de patentes e produto final.
2.4 RAZOABILIDADE DE CUSTOS		
2.4.1	Justificativa dos Custos	Recursos dimensionados conforme necessidade do processo e considerando a infraestrutura existente nas instituições proponentes, com preços tomados com base na média de mercado.
2.4.2	Viabilidade Econômica	Retorno de investimento frente à aplicação do equipamento se comparado ao processo de balanceamento de cargas não automatizado atualmente aplicado. Previsão de participação de lucro na comercialização dos direitos de patente e/ou vendas do produto.

[1] *RFID = Radio Frequency Identification*.
[2] *Smart Grids* = Redes de Distribuição de Energia Inteligentes.
[3] *GPS* = Global Position System.
[4] *LabView* = Software *National Instruments* para projetos de sistemas.
[5] EPLD = *Erasable Programmable Logic Devices*.
[6] *ISO9001* = Normas do Sistema de Gestão da Qualidade.

X. FRAMEWORK

A Figura 5 ilustra a sequência de atividades consideradas na elaboração da proposta de projeto apresentada, tendo como plano de fundo a regulamentação da ANEEL (ANEEL, 2012) em sintonia com os conceitos de *Processo de Desenvolvimento de Produto* defendidos por Rozenfeld *et al*., (2001).

XI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como foi demonstrado, técnicas consagradas de *Desenvolvimento de Produtos* podem ser aplicadas no processo de elaboração de propostas de projetos para o *Programa de P&D do Setor Elétrico Brasileiro* regulamentado pela ANEEL. Estas técnicas, fundamentadas em metodologias que consideram a interação entre as diversas etapas de um projeto e formação de equipes multidisciplinares, assim como na indústria, certamente resultarão em projetos P&D melhores estruturados, com redução de custos e prazos (inerentes ao processo de desenvolvimento) e bem direcionados ao objetivo de se obter produtos consistentes, adequados ao cliente e acessíveis comercialmente.

Para projetos cuja proposta é gerar produtos inovadores, como é o caso dos projetos de P&D regulamentados pela ANEEL, o *Modelo Unificado* poderá ser aplicado em toda sua plenitude (ROZENFELD *et al*., 2006).

No modelo proposto o gerenciamento do processo de desenvolvimento é atividade crucial para o bom desempenho de um projeto de P&D. É através de uma gestão adequada que se pode ter total domínio de toda a cadeia de criação, controlando o fluxo de informações importantes entre as equipes, estimulando a criatividade dos pesquisadores e permitindo que se tomem as decisões estratégicas em momentos oportunos, tendo reflexos diretos sobre os resultados parciais das etapas e, consequentemente, sobre o produto final, assim como defende Catmull (2008), superintendente da Pixar e Disney Animation Studios, que diz:

> "*... para fomentar a criatividade coletiva em projetos de produtos é preciso seguir princípios onde a autoridade sobre o desenvolvimento é atribuída a líderes de projeto, com criação de cultura e processos que incentivem as pessoas a partilharem o trabalho em curso dando apoio uma as outras como iguais e derrubando as barreiras naturais que separam as distintas disciplinas...*".

Como resultado da aplicação do *framework* em novos projetos de P&D é esperado a redução das limitações características de atividades segregadas e sequenciais, redução de prazos de desenvolvimento, redução dos custos de reengenharia e estimulo para geração de produtos consistentes, inovadores e competitivos para o setor elétrico nacional. A comprovação da eficácia da proposta já está sendo realizada por meio de um estudo de caso real onde o *framework* discutido é a base metodológica para elaboração de um projeto de P&D para a COPEL (Companhia Paranaense de Energia). Os resultados desta aplicação poderão vir a ser objeto para futuras publicações no tema.

ISSN 1809-3957

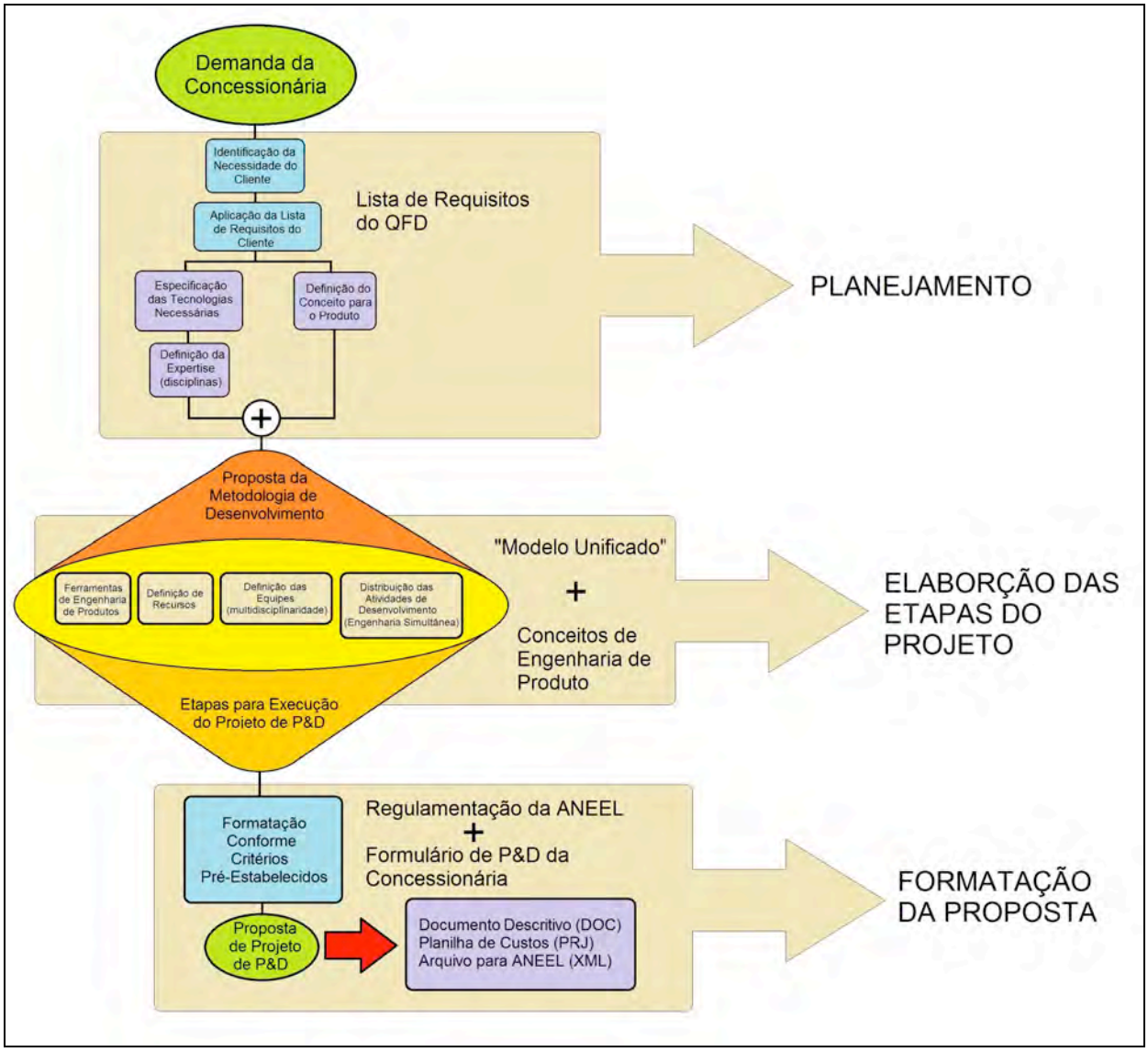


Figura 5 – Workflow para elaboração de projetos de P&D ANEEL

XII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKAO, Y. *Quality Function Deployment: Integrating customer requirements into products design*. Portland, USA: Productivity Press, 1990.

ANEEL. *Manual do programa de pesquisa e desenvolvimento tecnológico do setor de energia elétrica*. Brasília, DF: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2008.

ANEEL. *Manual do programa de pesquisa e desenvolvimento tecnológico do setor de energia elétrica*. Brasília, DF: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2012. Disponível em: http://www.aneel.gov.br.

ARIADNA. *Catálogo: Identificador de fases de BT em tensión - Ariadna IF3*. Bizkaia, Espanha: Ariadna Instruments, 2011. Disponível em: http://www.ariadna-inst.com.

ASIMOV, M. *Introdução ao projeto de engenharia*. São Paulo: Mestre Jou, 1968.

BACK, N.; OGLIARI, A.; DIAS. A.; *et al. Projeto Integrado de Produtos: Planejamento, concepção e modelagem*. 1. ed. Barueri, SP: Manole, 2008.

BAXTER, M. *Projeto de Produto: Guia prático para o design e novos produtos*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

BIESOLD. *Catálogo: Equipamento PIL8*. Sant Marti Sarroca, Espanha: Biesold Group Intragas, 2011. Disponível em: http://www.biesold.com.

BYTHEWAY, C.W. *FAST Creativity & Innovation: Rapidly improving processes, product development and solving complex problems*. Fort Lauderdale, USA: J. Ross Publishing, 2007.

CASAROTTO, F.N.; FAVERO J.S.; CASTRO, J.E.E. *Gerência de Projetos/Engenharia Simultânea.* 1. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

CATMULL, E. *How Pixar fosters colletive creativity*. Boston, USA: Harvard Business Review, 2008. Disponível em: http://hbr.org/2008/09/how-pixar-fosters-collective-creativity/ar/1.

CLARK, K.; FUJIMOTO, T. *Product Development Performance: strategy organization and management in the world auto industry*. Boston, USA: Harvard Business School Press, 1991.

CREVELING, C.M.; SLUTSKY, J.L.; JUNIOR, D.A. *Design For Six Sigma: In technology and product*

development. 1. ed. New Jersey, USA: Prentice Hall PTR, 2002.
CROSS, N. *Engineering Design Methods: Strategies for product design*. 4. ed. England: Wiley, 2008.
DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. *Lei nº 9.991 de 24 de julho 2000*. Brasília, DF, 2000.
HARTLEY, J.R. *Engenharia Simultânea*. 1. ed. São Paulo: Bookman, 1997.
HAUSER, J.R.; CLAUSING, D. *The house of quality*. Cambridge, USA: Harvard Business Review, 1988.
HUANG, G.Q. *Design for X: Concurrent engineering imperatives*. London: Chapman & Hall, 1996.
MACHADO, M.C.; TOLEDO, N.N. *Gestão do processo de desenvolvimento de produtos*. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2000.
MIGUEL, P.A.C. *Implementação do QFD para o desenvolvimento de novos produtos*. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
MULLER, G.A. *Multi-disciplinary research approach*. v. 0.1. Eindhoven, Netherlands: Embedded Systems Institute, 2011.
PAHL, G.; BEITZ, W. *Engineering Design: A systematic approach*. 2. ed. Darmstadt, Germany: Springer, 1988.
PEREIRA, J.A.; CANCIGLIERI JÚNIOR, O. *Conceitos de sistemas multidisciplinares aplicados ao desenvolvimento de projetos de P&D fomentados pela ANEEL*. Bauru, SP: Anais do XVIII SIMPEP, 2011. Disponível em: http://www.feb.unesp.br/dep/simpep.
PEREIRA, J.A.; CANCIGLIERI JÚNIOR, O. *Multidisciplinary systems concepts applied to R&D projects promoted by brazilian electricity regulatory agency (ANEEL)*. 19th ISPE International Conference on Concurrent Engineering – CE2012, Germany, Trier, September 2012.
PEREIRA, J.A.; LANGNER, C.G.; VALENÇA, M.M. *Equipamento identificador de fases para redes de baixa tensão*. Montevideo, Uruguai: Anais do VII Congresso Internacional IBERCHIP, 2001. Disponível em: http://iie.fing.edu.uy/vlsi/iberchip/pdf/14.pdf.
ROSS, P. *Taguchi Technique for Quality Engineering: Loss function, orthogonal experiments, parameters and tolerance design*. 2. ed. New York, USA: McGraw-Hill, 1995.
ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F.A.; AMARAL, D.C. *et al. Gestão de Desenvolvimento de Produtos: Uma referência para a melhoria do processo*. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

XIII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

REGIME JURÍDICO DAS PATENTES DE MEDICAMENTOS E O DIREITO À SAÚDE PÚBLICA

AZEVEDO VALESCA MACHADO ABI-ACKEL; AKINRULI SAMUEL AYOBAMI; GORI ANA LUIZA DE CASTRO LEITE; BARBOSA FRANCISCO VIDAL; AZEVEDO VASCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS – UFMG
valesca.abi@gmail.com, ayobami@insod.org, ana.lugori@gmail.com;fvberlim@gmail.com, vascoariston@gmail.com

Resumo - Propriedade intelectual permite proteger por meio de patentes a produção e comercialização dos seus inventos. Aprofundar a visão de Monopólio de Patentes e o Direito à Saúde, garantido constitucionalmente, buscando saídas, de médio e longo prazo, pautadas nas flexibilizações das Leis de patentes e a humanização dos acordos comerciais internacionais são discutidos neste trabalho e tem como objetivo mostrar a atuação do Brasil para corrigir os problemas que envolvem o Sistema de Patentes brasileiro e o acesso aos medicamentos pela população.

Palavras-chave: Propriedade Intelectual. Patente. Saúde. Medicamento.

Abstract - The Intellectual Property enables protection of the production and commercialization of an invention by means of patents. This report examines the Patents Monopoly and the constitutionally granted Right to Health, seeking for medium to long term solutions, based on the flexibility of the Patents Law and the humanization of International Commercial Agreements, aiming to show Brazil's procedures to correct the problems that involve the Brazilian Patents System and people's access to drugs.
Key-words: Intellectual Property. Patent. Health. Drugs.

I. INTRODUÇÃO

A Propriedade Intelectual é um sistema que regulamenta através de legislações internacionais e nacionais o desenvolvimento científico e tecnológico, a produção e o comércio entre empresas, governo e países. Garante por meio de patente, ao seu titular, a exclusividade na produção e comercialização dos inventos e bens em geral, inclusive dos produtos inovadores que podem melhorar a qualidade de vida da população.

E tendo em vista a possibilidade de surgimento de inovações capazes de melhorar a qualidade de vida da população deve-se considerar o que a Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 dispõe:

"*Título VII – Da Ordem Social*
CapítuloII - Da Seguridade Social
SeçãoIIi – Da Saúde
Art. 196 A saúde é direito de todos e dever do Estado, garantido mediante políticas sociais e econômicas que visem à redução do risco de doença e de outros agravos e ao acesso universal e igualitário às ações e serviços para sua promoção, proteção e recuperação."

Vigora no Brasil a Lei 9.279/96 que regula os direitos e as obrigações relativos à propriedade industrial, a invenção e modelo de utilidade, protegidos pelas patentes; o desenho industrial e a marca, protegidos por outro procedimento.

Nesse sentido, a Lei da Propriedade Industrial - LPI dispõe:

"Título I - Das Patentes
Capítulo I - Da Titularidade
Art. 6º.- Ao autor de invenção ou modelo de utilidade será assegurado o direito de obter a patente que lhe garanta a propriedade, nas condições estabelecidas nesta lei."

As patentes podem ser tanto de um produto como de um processo para obtenção de produto. Este trabalho trata principalmente as patentes de invenção que geram as patentes de medicamentos. As patentes de medicamentos, desde que não causem prejuízo para a melhoria de vida da população e apresentem os três requisitos abaixo descritos:

a) Novidade: Característica de algo diferente de qualquer outra coisa já existente e tornada pública, ou seja, produto ou processo ainda não compreendido no estado da técnica;

b) Atividade Inventiva: o produto ou processo deverá ser fruto de um processo criativo. Não pode nascer da simples reunião dos conhecimentos já existentes no estado da técnica, nem ser óbvio para quem detém conhecimentos na matéria;

c) Aplicação Industrial: é a possibilidade de se utilizar ou produzir a invenção em escala industrial incluindo-se aí qualquer tipo de indústria.

A LPI dispõe ainda:

"Título I- Das Patentes
Capítulo IV - da concessão e da vigência da patente
Seção II - Da Vigência da Patente
Art. 40 - A patente de invenção vigorará pelo prazo de 20 (vinte) anos e a de modelo de utilidade pelo prazo 15(quinze) anos contados da data de depósito."

II. PROCEDIMENTOS

Vários setores da sociedade defendem uma revisão desta lei, visando sua aproximação dos interesses nacionais e da saúde pública, priorizando de forma imediata, medidas como maior interação com o setor farmacêutico e a

ISSN 1809-3957

sustentabilidade de programas de políticas publicas de acesso universal.

A) Sistema de Patentes:

O Sistema de patentes atualmente é disciplinado, internacionalmente, pelo Acordo TRIPs (Agreement on Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights), um de vários acordos assinados em 1994 encerrando a Rodada do Uruguai, e que criou a Organização Mundial do Comércio (OMC).

Este Acordo defende o amplo comércio e a livre concorrência, mas suas regras de propriedade intelectual acabam por inibi-los patrocinando grandes concentrações de mercado; permite patentear as invenções de todos os setores tecnológicos, desde os produtos essenciais à vida até os cosméticos, atendendo aos interesses das grandes corporações, como as empresas farmacêuticas e de biotecnologia, assegurando-lhes, lucros excessivos, em prejuízo da saúde e da vida da população mundial. Estabelece a exclusividade ao titular da patente, de no mínimo 20 anos, impedindo que terceiros, sem autorização, produzam, usem e comercializem uma invenção ou modelo de utilidade; a proteção por patente garante ao seu titular a possibilidade de transferir sua tecnologia (licença voluntária) para que um terceiro possa produzir e comercializar mediante pagamento de royalties a ser acordado pelas partes por meio de instrumento próprio; alem de possibilitar aos países, negarem a concessão de uma patente visando proteger a ordem pública, a moralidade, a vida, a saúde humana, animal e vegetal, ou ainda, para evitar prejuízos ao meio ambiente.

O sistema de patentes que hoje é mais voltado para a lógica do mercado e do lucro excessivo, deixa de incentivar as empresas farmacêuticas a ampliar os investimentos em pesquisas científicas e o desenvolvimento tecnológico. Através de políticas tributárias, coordenação do sistema de P&D, inovação e definição de políticas prioritárias de saúde pública adequada, pode tronar-se menos dependentes os países dos grandes laboratórios farmacêuticos multinacionais.

Considerando que no Brasil, conforme a Lei 8080/90, é dever do Estado estabelecer condições que assegurem acesso universal às ações e serviços para promoção, proteção e recuperação da saúde, através de formulação e execução de políticas econômicas e sociais foi implementada pelo Ministério da Saúde a política nacional de medicamentos, por meio da Lei 9787/99, visando garantir o acesso da população aos medicamentos considerados essenciais.

B) Medicamentos Genéricos:

Dentre as estratégias para a promoção do acesso a medicamentos, encontra-se a política de medicamentos genéricos, trazendo grandes vantagens para o país como: medicamentos com preços mais baixos; qualidade e eficácia comprovada por meio dos testes e fiscalização realizados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA); medicamentos de marca também mais baratos em função da concorrência dos genéricos; melhor acesso da população aos medicamentos; a produção de genéricos pela indústria nacional representa um enorme potencial para o desenvolvimento da indústria nacional, ainda não explorado adequadamente.

Estes medicamentos são mais baratos devido ao fato de não recaírem sobre os genéricos os custos relativos ao desenvolvimento da nova molécula e dos estudos clínicos necessários. Outro fator que contribui para um custo mais baixo é o menor investimento em propaganda para tornar a marca conhecida.

Os medicamentos genéricos são similares a um produto de referência ou inovador, geralmente produzido após a expiração ou renúncia da proteção patentária ou de outros direitos de exclusividade, comprovada a sua eficácia, segurança e qualidade.

O medicamento genérico deverá ter a mesma eficácia que o de marca, composto pelo mesmo princípio ativo, dosagem e fórmula farmacêutica que a do medicamento patenteado, mas produzido por um terceiro que não o titular da patente. Abrange todos os medicamentos que não são protegidos por patentes e como grande parte dos medicamentos atualmente comercializados não é patenteado, a sua produção pela indústria nacional contribui para o seu fortalecimento e desenvolvimento tecnológico.

O Brasil é o décimo mercado farmacêutico do mundo, o que demonstra que há razão de sobra para que exista incentivo ao desenvolvimento das empresas farmacêuticas e farmoquímicas nacionais. Ainda é insatisfatória a política nacional de ciência e tecnologia em saúde. É uma necessidade urgente o País recuperar investimentos no desenvolvimento do setor farmoquímico - responsável pela fabricação dos princípios ativos e intermediários. Até hoje, o Brasil não desenvolveu uma base industrial de matérias-primas farmacêuticas. Aproximadamente 80% dos farmoquímicos utilizados no País são importados, principalmente da Índia e da China. Apesar do potencial para produção de princípios ativos, a indústria brasileira desse segmento conta com cerca de dez empresas que atendem a apenas 20% do mercado interno. Diferentemente do Brasil, a Índia possui uma forte indústria farmoquímica graças à existência de um órgão para promover o desenvolvimento de medicamentos.

C) Flexibilidades previstas no Acordo TRIPS:

A grande preocupação é que a competição empresarial na busca de obtenção de lucros exorbitantes, gerando problemas como os preços excessivos de remédios; a falta de pesquisas para doenças que afetam os países pobres (como a malária, a leishmaniose, a doença de Chagas, por exemplo); a concentração das pesquisas nos países desenvolvidos; o domínio do mercado por poucos e o atual sistema de patentes coloquem em risco a saúde e a vida de milhões de pessoas em todo o mundo, dificultando o acesso da população aos medicamentos de nova geração, pois os governos não conseguem abastecer os serviços de saúde e os cidadãos não têm condições de comprar diretamente nas farmácias. Não podemos responsabilizar apenas o processo de patentes como o único fator que dificulta o acesso aos novos medicamentos, mas para melhorar este acesso é necessário agir sobre os abusos econômicos resultantes do monopólio concedido pelas patentes. O acordo TRIPS prevê medidas que devem ser adotadas em curto prazo com essa finalidade de mudar essa realidade. No TRIPS, estão previstas as seguintes flexibilidades que devem ser

ISSN 1809-3957

implantadas pelos países para proteção da saúde pública: a) período de transição, b) importação paralela, c) uso experimental, d) exceção bolar, e) licença compulsória, f) atuação do setor saúde nos processos de análise de pedidos de patente (ANVISA no caso do Brasil).

Este Acordo estabelece prazos para que cada país membro da OMC possa adequar sua legislação referente à propriedade intelectual às novas disposições estabelecidas pelo acordo. Países desenvolvidos tiveram até 1996 para reformular suas legislações e os países em desenvolvimento e menos desenvolvidos tiveram, respectivamente, cinco anos, até 2000, e 11 anos, até 2006 para fazê-lo. O artigo 65 estabeleceu que, os países em desenvolvimento tinham cinco anos adicionais, ou seja, até 2005 para conferir proteção da propriedade intelectual em campos tecnológicos não protegidos anteriormente.

O não reconhecimento de patentes para o setor farmacêutico, acompanhado de uma política de desenvolvimento industrial nacional, possibilita o fortalecimento de parques industriais locais, contribuindo para a diminuição da dependência tecnológica e econômica, importante característica do setor farmacêutico nos países em desenvolvimento.

A Índia optou por utilizar todo o período de transição para o reconhecimento de patentes no setor farmacêutico, durante o qual aproveitou para fortalecer a estruturação de seu parque industrial com capacidade de desenvolver pesquisa e produzir medicamentos. Com isso vem contribuindo para a viabilidade econômica de programas de saúde de diversos países, porque exporta medicamentos a preços mais acessíveis do que aqueles praticados pelas empresas transnacionais.

No entanto, a vantagem conferida pelo uso dessa flexibilidade foi em parte anulada nos países que incluíram em suas legislações sobre propriedade intelectual o dispositivo de pipeline.

Trata-se de um tipo de proteção com efeito retroativo para produtos e processos farmacêuticos patenteados em outros países, mas não comercializados no país.

O Brasil não fez uso do período de transição e passou a reconhecer patentes para o setor farmacêutico a partir de 1997 (Lei n. 9.279/1996) cedendo às fortes pressões e sanções comerciais feitas pelos Estados Unidos desde finais da década de 80.

A importação paralela é outro mecanismo valioso que se fundamenta na doutrina da exaustão de direitos, art. 6 do Acordo TRIPS, permitindo a um país importar um produto patenteado de outro país, desde que este produto tenha sido colocado naquele mercado pelo detentor da patente ou com seu consentimento. Segundo a doutrina da exaustão de direitos, como o detentor da patente já foi recompensado pela sua invenção no país exportador, os seus direitos são "esgotados" naquele país. Assim nem sempre os preços mais baixos são praticados nos países mais pobres, os países em desenvolvimento e menos desenvolvidos precisam dispor de mecanismos que possibilitem a importação do produto do país onde ele é vendido ao menor preço, favorecendo o acesso aos medicamentos.

Não é preciso aguardar a expiração da patente para iniciar o processo de pesquisa e registro de um medicamento. A indústria nacional pode valer-se de um instrumento denominado “exceção bolar”. Trata se da permissão para que terceiros, que não o titular da patente, se capacitem previamente até por meio da realização de testes para produzir o medicamento patenteado, quando sua patente expirar. Essa flexibilidade promove o aproveitamento da informação revelada pelo detentor da patente para fins de pesquisa e acelera o processo de registro do genérico ainda sob a vigência da patente, alem de ser é estratégico, pois, na prática, favorece a negociação de preços com as empresas farmacêuticas, além de assegurar a produção do medicamento após a decretação da licença compulsória.

Alguns autores (Levin, 1987, apud Barbosa) consideram a patente como um contrato social entre o inventor e a sociedade, onde o primeiro revela o segredo de sua invenção em troca da exclusividade de exploração conferida pelo Estado. Recomendam que o equilíbrio seja sempre buscado. A existência da flexibilidade do uso experimental representa uma das formas de se buscar esse equilíbrio, uma vez que possibilita a sociedade avançar no seu desenvolvimento científico e tecnológico por meio da utilização das informações referentes ao desenvolvimento da invenção.

Na realidade a "exceção Bolar" nada mais é do que uma especificação do uso experimental. Se na legislação do país estiver previsto o "uso experimental", e se for adotada a interpretação mais abrangente, o país poderá realizar os testes para fins de aprovação de registro de comercialização. Para Correa, a inclusão dos dois itens separadamente na legislação confere maior segurança para a efetiva implementação.

Licença compulsória é uma autorização governamental, que permite a exploração por terceiros de um produto ou processo patenteado sem o consentimento do titular da patente, conforme estabelece o artigo 31 do TRIPS. Somente poderá ser emitida mediante algumas condições como: falta de exploração da patente, interesse público, situações de emergência nacional e extrema urgência, para remediar práticas anticompetitivas e de concorrência desleal, por falta de produção local e na existência de patentes dependentes. Por essa razão, Correa ressalta a importância de o país incorporar nas legislações todas as condições possíveis para a sua emissão, a fim de ampliar o espectro de possibilidades de o governo utilizar esse instrumento. E por fim, a participação do setor saúde no processo de análise dos pedidos de patentes do setor farmacêutico implementada no Brasil, mediante uma emenda à Lei n. 9.279/1996. Essa medida pode ser considerada como uma flexibilidade do Acordo, implícita no seu artigo 8º, o qual define como princípio o direito de os países membros da OMC adotarem medidas necessárias para proteger a saúde pública e nutrição e para promover o interesse público em setores de vital importância para o desenvolvimento socioeconômico e tecnológico, desde que compatíveis com o disposto no Acordo.

Nessa perspectiva e com o intuito de prevenir a concessão de monopólios injustificáveis, que podem acarretar aumento do preço e diminuição do acesso a medicamentos, o Congresso Nacional do Brasil aprovou a Lei n. 10.196/2001, a qual institui a anuência prévia da ANVISA nos processos de concessão de patentes do setor farmacêutico.

Essa decisão vem sendo criticada por representantes de empresas farmacêuticas transnacionais, que alegam desperdício de dinheiro público, devido ao envolvimento de

ISSN 1809-3957

duas instituições na análise dos pedidos e atraso na emissão das patentes. Entretanto, Basso (p. E2) argumenta que o objetivo precípuo desse instrumento é proteger o interesse social de possíveis riscos à saúde pública e ao desenvolvimento tecnológico do país.

Nessa perspectiva, estudo realizado por Correa mostrou que as empresas farmacêuticas vêm se beneficiando da fragilidade dos sistemas de patentes, mediante obtenção de proteção patentária para processos e produtos que não atendem a um ou mais requisitos de patenteabilidade que são: novidade, atividade inventiva e aplicação industrial.

Com a entrada em vigor do Acordo TRIPS ocorreu uma uniformização das legislações nacionais de propriedade intelectual, de um modo que não considerou os diferentes níveis de desenvolvimento tecnológico dos países membros da OMC. Pode-se afirmar que a propriedade intelectual, nessa perspectiva, representa mais um instrumento para promover a reserva de mercado das grandes empresas transnacionais.

A questão do acesso a medicamentos entrou na agenda do comércio internacional em novembro de 2001, durante a IV Conferência Ministerial da OMC, em Doha, Qatar. Foram dedicados três dias para a discussão do tema de propriedade intelectual e acesso a medicamentos, e aprovada a Declaração de Doha.

Essa declaração em nada modificou o Acordo TRIPS. Na realidade, constituiu-se em um importantíssimo instrumento político para que os países em desenvolvimento e menos desenvolvidos pudesse implementar todas as flexibilidades previstas no Acordo relacionadas à proteção da saúde pública. Adicionalmente, ficou reconhecida, no parágrafo 6º, a necessidade de se identificar uma solução ao problema dos países que não tinham capacidade tecnológica local e que, portanto, não estariam habilitados tecnicamente a emitir licença compulsória. Ou seja, o país poderia até dispor de um arcabouço legal, mas não teria condições técnicas para fazê-lo e também não poderia importar de outro país, uma vez que o artigo 31(f) do Acordo TRIPS estabelece que a produção de um objeto alvo de licença compulsória deve atender predominantemente ao mercado interno.

D) Acesso aos Medicamentos:

O acesso aos medicamentos é essencial para o ser humano. Milhões de pessoas no mundo morrem anualmente de doenças que têm tratamento. Doenças transmissíveis matam mais de 14 milhões por ano, sendo a maioria nos 31 países em desenvolvimento.

Em geral, as grandes empresas farmacêuticas realizam as atividades de pesquisa e desenvolvimento e a produção de princípios ativos nos países desenvolvidos. Já os países em desenvolvimento possuem empresas com capacidade somente para realizarem a etapa final da produção de medicamentos, a partir do princípio ativo da formulação das drogas. Assim os países desenvolvidos se consolidam como produtores, enquanto as nações em desenvolvimento são meros compradores. Sem falar nas "doenças negligenciadas", que afetam especialmente as populações pobres, não atraem as grandes empresas farmacêuticas para pesquisa e desenvolvimento. Sem contar com medicamentos para combatê-las, elas são responsáveis por milhões de casos de enfermidades e morte em todo mundo. O fato é que o setor farmacêutico investe naquilo que dá lucro.

Os altos preços dos medicamentos, principal fator que dificulta o seu acesso pela população, são justificados pelas empresas mediante o argumento de que os investimentos em pesquisa e desenvolvimento de novos fármacos são altíssimos, e que se não houver lucros, todos sairão perdendo, pois não haverá incentivo para novas criações. Pesquisas, números e análises revelam outra realidade: o maior gasto das empresas farmacêuticas é com propaganda e promoção. Muitos dos recursos atribuídos à pesquisa e desenvolvimento de novos medicamentos são gastos com propaganda. Dados fornecidos pelas próprias empresas revelam que no ano de 1999 a Abbott gastou 21,7% de seu faturamento em propaganda e em gestão, enquanto apenas 9,1% em pesquisa e desenvolvimento.

Outra situação que também pode contribuir muito para baixar o preço dos medicamentos e aumentar seu acesso é que uma patente concedida pelo INPI pode ser declarada nula, posteriormente, pelo próprio órgão ou pela Justiça. Para isso, é preciso a comprovação de que não se observou qualquer um dos requisitos necessários para a obtenção da patente. Declarada a nulidade de uma patente, o objeto patenteado cairá em domínio público, o que quer dizer que todos os interessados poderão investir em sua produção e comercialização.

E) Sistema Único de Saúde:

No Brasil, a Constituição Federal de 1988 criou o Sistema Único de Saúde (SUS), pelo qual todos os brasileiros devem ter acesso aos serviços necessários para a recuperação da saúde, o que inclui os medicamentos. Para isso não é necessário pagar diretamente por eles, pois os serviços de saúde devem ser financiados pelos impostos pagos pelos brasileiros. De acordo com a legislação, todas as pessoas têm o direito de receber do SUS os medicamentos de que necessitam. Diante dessa característica do sistema de saúde brasileiro, muitas discussões são feitas envolvendo o sistema de patentes de medicamentos e de outros insumos e produtos essenciais à saúde. Quando o governo compra medicamentos para o SUS, tem que dar preferência para os genéricos, de boa qualidade e mais baratos. Mas, quando não é possível obter os remédios genéricos, o que acontece justamente por causa do monopólio das patentes, o governo assim como o cidadão paga muito mais caro pelo medicamento patenteado. É obrigação do governo, buscar o preço justo e compatível com seu orçamento. É a saúde e a vida de muitos cidadãos que estão em jogo. Com a falta de opção para a compra de medicamentos mais baratos, recursos públicos que poderiam ser usados para melhorar a qualidade de vida dos brasileiros acabam nas mãos de grandes empresas farmacêuticas. Essa é mais uma razão para o governo brasileiro fazer valer todas as medidas que já existem na legislação internacional e nacional como a licença compulsória, em benefício da saúde pública do País.

III. CONCLUSÃO

Enquanto as mudanças no sistema de patentes não acontecem, a luta é para que os meios já existentes para garantir o acesso aos medicamentos essenciais sejam de fato utilizados. Um deles é fazer valer as leis (internacionais e

ISSN 1809-3957

nacionais) que reconhecem que a saúde é um direito fundamental do ser humano, ligado à vida. Também devemos lançar mão dos bons princípios e das salvaguardas dispostos no próprio TRIPS, na Declaração de Doha e nas leis nacionais criadas após o Acordo. Quanto às questões sobre o conflito de leis nacionais e internacionais será preciso considerar sempre as características de cada caso concreto, mas de imediato qualquer um responderia que os direitos à vida, à saúde e, conseqüentemente, ao acesso aos medicamentos, são mais relevantes e devem prevalecer.

Com a assinatura da Declaração de Doha os países membros da OMC concordaram que a saúde pública vem antes dos interesses comerciais e das patentes. Por isso, ficou declarado que os países podem e devem tomar as medidas possíveis para garantir o acesso aos medicamentos e preservar a saúde da população, suprindo suas necessidades de medicamentos com preços acessíveis. A Declaração de Doha foi um importante reforço para os bons princípios e as salvaguardas previstas no TRIPS. Apesar de não ter significado uma emenda ao Acordo, é uma prova de que ele pode ser alterado em benefício da vida e da saúde das populações.

A Constituição é a lei mais importante de um país. Nela estão os princípios e diretrizes que devem ser obedecidos por todos, governantes e cidadãos. Os direitos fundamentais são garantidos pela Constituição e por leis internacionais. É o caso do direito à vida e à saúde, do direito à liberdade, à segurança, à educação e à propriedade. No caso do Brasil, a Constituição também traz a solução para os casos de conflito entre o direito à propriedade e o direito à saúde e à vida. A propriedade e a livre exploração da atividade econômica são garantidas, mas podem sofrer restrições para atender a sua função social - como, por exemplo, garantir a vida digna e a saúde dos cidadãos. Assim, os direitos conferidos pela propriedade intelectual, incluindo as patentes, não são absolutos. Podem ser limitados, a partir da análise dos casos concretos, sempre que isso for necessário para o bem-estar social, ou mesmo para o desenvolvimento tecnológico e econômico do País.

As sugestões para a solução do problema são: formulação de uma política pública séria na área da saúde, com controle de preços que reconheça a relevância das pesquisas, respeito à propriedade industrial, incluindo reestruturação do INPI, e uma política regulatória estável. Talvez tenhamos, assim, um maior número de parcerias entre iniciativa privada e instituições acadêmicas com aumento de investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) por parte da indústria farmacêutica, com frutos a serem colhidos para o povo, objetivando, verdadeiramente, o seu bem-estar.

IV. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Marcelo de Paiva. (2001), "O Brasil, o GATT e a OMC: História e Perspectivas". Política Externa, vol. 9, nº 4.

ADLER, Emanuel. (1999), "O Construtivismo no Estudo das Relações Internacionais". Lua Nova, nº 47.

AMORIM, Celso. (2000a), "A OMC e o Ano 2000". Carta Internacional, ano VIII, nº 85.

BARBOSA DBB. Uma introdução à propriedade intelectual. Rio de Janeiro: Lumen Júris; 2003.

BASSO M. A ANVISA e a concessão de patentes farmacêuticas. Valor Econômico 2004; 18 out.

BERMUDEZ JAZ, Oliveira MA, Chaves GC. Intellectual property in the context of the WTO TRIPS Agreement: what is at stake? In: Bermudez JAZ, Oliveira MA, editors. Intellectual property in the context of the WTO TRIPS Agreement: challenges for public health. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz; 2004. p. 23-61.

CHAUDHURI S. The WTO and India's pharmaceuticals industry. Patent protection, TRIPS and developing countries. London: Oxford University Press; 2005.

CHAVES GC. O processo de implementação do Acordo TRIPS em países da América Latina e Caribe: análise das legislações de propriedade industrial sob a ótica da saúde pública. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz; 2005.

CORREA CM. Integrating public health concerns into patent legislation in developing countries. Geneva: South Centre; 2000.

CORREA CM. Ownership of knowledge-implications of the role of the private sector in pharmaceutical R&D. In: Bermudez JAZ, Oliveira MA, editors. Intellectual property in the context of the WTO TRIPS Agreement: challenges for public health. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz; 2004. p. 71-82.

DRAHOS P. Bilateralism in intellectual property. London: Oxfam; 2001.

HERMANN, Breno. (2004), O Brasil e a Lei de Propriedade Industrial (9.279/96): Um Estudo de Caso da Relação Interno-Externo. Dissertação de Mestrado, UnB, Brasília.

LEVY MLF. Bis in idem. http://noticias.aol.com.br/negocios/industria/2004/06/0009.adp (acessado em 05/Jul/2004).

LYRIO, Maurício Carvalho. (1994), O Contencioso das Patentes Farmacêuticas e as Relações entre Brasil e Estados Unidos. Dissertação de Mestrado, PUC-Rio, Rio de Janeiro.

OXFAM. Undermining access to medicines: comparison of five US FTAs. A technical note. London: Oxfam; 2004.

SANCHEZ, Michelle Ratton. (2002), "Atores Não-Estatais e sua Relação com a Organização Mundial do Comércio", in A. Amaral Jr. (org.), Direito do Comércio Internacional. São Paulo, Editora Juarez de Oliveira.

SBPC - Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. (2001), "Medicamentos Anti-AIDS e Quebra de Patentes: O Conflito Diplomático em torno das Patentes", disponível em <http://www.comciencia.br/especial/pataids/pataids04.htm>, 25 de julho.

SERRA, José. (2001), "Patentes, uma Questão Vital para os Brasileiros". Carta Internacional, nº 102.

TACHINARDI, Maria Helena. (1993), A Guerra das Patentes: O Conflito Brasil X Estados Unidos sobre Propriedade Intelectual. São Paulo, Paz e Terra.

V. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

APLICAÇÃO DO MODELO CONCEITUAL HÍBRIDO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS A PARTIR DE UM ESTUDO DE CASO DENTRO DO SEGMENTO DE FORNECIMENTO DE ACESSO A INTERNET EM ALTA VELOCIDADE DE CONEXÃO

ODIVANY PIMENTEL SALES[1]; OSIRIS CANCIGLIERI JUNIOR[1]
1 – PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
odivany@hotmail.com e osiris.canciglieri@pucpr.br

***Resumo** - Este artigo apresenta um modelo híbrido para o desenvolvimento de produtos tendo como base o funil de decisões e o modelo Stage Gate, sendo que seu objetivo é a redução do ciclo de desenvolvimento, o lançamento de produtos alinhados à estratégia da empresa e a busca do aumento da probabilidade de sucesso no lançamento de produtos ou serviços a partir da identificação clara dos benefícios esperados dentro do projeto. Além dos aspectos teóricos do modelo híbrido de desenvolvimento de produtos, visando discutir os benefícios e as oportunidades de melhoria deste modelo, este trabalho faz uso de um estudo de caso relacionado ao processo de desenvolvimento de um novo produto de acesso a internet em alta velocidade de conexão.*

***Palavras-chave:** Desenvolvimento de Produtos. Stage Gate. Funil de Decisões. Desenvolvimento de Serviços. Estudo de Caso.*

I. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem se observado no Brasil boas taxas de crescimento econômico e consequentemente um aumento do percentual da população consumidora de produtos e serviços. Tanto a parcela da população que já consumia quanto esta nova parcela ávida por consumir produtos que atendam às suas necessidades e expectativas estão demandando das empresas estudos e pesquisas sobre como atender a estes anseios e principalmente como se posicionar competitivamente neste novo mercado.

Além desta nova parcela da população que está consumindo, observa-se também um aumento no poder aquisitivo da população em geral, sendo que o mercado brasileiro apresenta também altas taxas de abertura de novas empresas e uma população naturalmente empreendedora.

Com a abertura de novas empresas e o crescimento econômico impulsionando as empresas existentes, tem-se um cenário de acirramento competitivo e uma busca por diferenciação em direção à fuga da comoditização que resulta em uma guerra de preços com baixas margens de lucratividade onde todos saem perdendo.

Uma das estratégicas mais utilizadas atualmente para esta diferenciação é a busca pela inovação. Ou seja, a entrega de algo novo que atenda não só a uma necessidade, mas também a um desejo tem resultado no sucesso de muitas empresas e empreendedores. Segundo IRIGARAY et al. (2006), apesar da inovação significar risco, não podemos deixar de levar em consideração que ela também é foco de grandes oportunidades de ruptura na obtenção de novas receitas. Segundo KERIN et al. (2007), um dos fatores chave para o fracasso de um produto é a baixa diferenciação frente a produtos concorrentes.

Lançar novos produtos com uma maior frequência que os concorrentes também é um fator que representa uma vantagem competitiva no mercado. O aumento da frequência de lançamentos permite à empresa realizar melhorias em seus produtos sintonizadas com o mercado em que atua, sendo que permite inclusive que os consumidores insatisfeitos com os produtos atuais da empresa migrem para novos produtos desta mesma empresa e não de seus principais concorrentes.

A qualidade dos serviços e produtos entregues também tem sua influência no crescimento das empresas. Segundo KOTLER & KELLER (2006), os clientes formam expectativas a partir de várias fontes e em geral eles comparam o serviço percebido com o serviço esperado. Se o serviço percebido não atender às expectativas do serviço esperado, os clientes perderão o interesse pelo fornecedor.

Estabelecer relacionamentos de longo prazo com os clientes é sempre uma estratégia vencedora na busca de fidelização da marca, entretanto os investimentos no entendimento das necessidades dos consumidores (sempre em mutação) devem ser contínuos e focados na busca de benefícios para empresa e consumidor.

Entendendo que o desenvolvimento de novos produtos e serviços é um investimento obrigatório para empresas que querem permanecer no mercado, alguns fatores-chave devem ser considerados com cuidado para se obter o sucesso neste processo.

1. Metodologia – cada empresa de sua própria cultura e o seu capital humano é único. Ou seja, o processo de desenvolvimento de novos produtos deve ser adaptado para cada empresa e soluções bem sucedidas em outras organizações nunca são garantia de sucesso quando implementadas em outra empresa. A construção de uma metodologia de desenvolvimento de produtos e serviços com base em sucessos da própria empresa e também em "melhores práticas" utilizadas pelo mercado é fundamental.
2. Benefícios – entender os motivos para o desenvolvimento de determinado produto e quais os resultados mensuráveis esperados após seu lançamento é importante como guia das decisões dentro do processo. Quando se perceber que os resultados não poderão mais ser alcançados, deve-se verificar se não é

ISSN 1809-3957

o momento de cancelar o desenvolvimento e reduzir os prejuízos. Não faz sentido lançar um produto sabendo-se que os benefícios esperados não serão alcançados.

Analisando especificamente o segmento de telecomunicações, observa-se um crescente aumento dos acessos a Internet utilizando-se conexões de alta velocidade (banda larga). No ano de 2012, já existe uma parcela significativa da população com este tipo de conexão e serviços de *streaming* de musica, vídeos *on line* e jogos cada vez mais requerem conexões mais rápidas. Ou seja, o mercado de banda larga no país está em franco crescimento.

Empresas operadoras de telefonia têm realizado altos investimentos no lançamento de novos produtos e serviços para atender a este mercado e a necessidade de redução do ciclo de lançamento de novos produtos devido à constante evolução tecnológica deste segmento e também a necessidade de garantir altos padrões de qualidade para um consumidor exigente demonstram uma pressão por melhorias no processo de desenvolvimento de produtos.

Melhorar o processo de desenvolvimento de produtos, lançar os produtos certos, com alto padrão de qualidade e em um curto espaço de tempo pode estar deixando de ser uma vantagem competitiva para as empresas e se tornando em um fator de sobrevivência.

Neste artigo será apresentado um novo conceito de desenvolvimento de produtos criado a partir de dois modelos consolidados no mercado (Funil de Decisões e Stage Gate). A utilização do Funil se mostra extremamente adequada nas etapas iniciais do desenvolvimento, onde o nível de incerteza é alto. Já o modelo Stage Gate se mostra eficiente nas etapas de desenvolvimento com alto envolvimento de equipes multidisciplinares onde o retrabalho deve ser evitado e a qualidade deve ser garantida até o lançamento do produto.

A junção destes dois modelos deu origem a um modelo híbrido de desenvolvimento de produtos perfeitamente adaptável à cultura e ao capital humano de cada empresa.

Este trabalho também analisa um caso prático e real de desenvolvimento de um serviço de acesso à banda larga e como este desenvolvimento seria adaptado ao modelo híbrido proposto neste artigo. Os benefícios e as oportunidades de melhoria geradas por este novo processo serão analisada e propostas de novos estudos também serão apresentadas.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

II.1 Desenvolvimento de Produtos e Gestão de Projetos

O desenvolvimento de produtos pelas empresas tem se mostrado fundamental para sua sobrevivência. Segundo BACK et al. (2008), uma série de itens internos e externos ao controle da empresa são fatores influenciadores do resultado final esperado que é um lançamento bem sucedido. Fatores internos como a estratégia e gestão da empresa, a capacidade de inovação e seus recursos humanos, assim como fatores externos como os indicadores macroeconômicos e políticos-estruturais devem todos ser levados em conta durante o desenvolvimento do produto e sem dúvida contribuem para o aumento ou diminuição da probabilidade de sucesso do produto em questão.

Com base nesta descrição, é possível afirmar que cada empresa e cada mercado têm seu modelo de sucesso e o fator chave é o quanto as organizações estão preparadas para reproduzir este modelo em diferentes lançamentos.

O fato do desenvolvimento de um produto ser naturalmente um processo multidisciplinar, o envolvimento de várias áreas de uma empresa (algumas vezes, dezenas de áreas) acrescenta complexidade e incerteza ao processo e consequentemente ao seu resultado.

Dentre os principais problemas percebidos hoje, o retrabalho e as constantes mudanças no escopo do projeto em desenvolvimento podem ser destacados como fatores de desgaste e atraso no lançamento de novos produtos. É importante mencionar que o fator "tempo" dentro de segmentos altamente competitivos ganha em importância visto que o lançamento de um produto semelhante por um concorrente pode afetar a lucratividade do produto que será lançado e até mesmo inviabilizar seu lançamento.

Segundo BARKLEY (2007), o desenvolvimento de novos produtos deve ser tratado estrategicamente até mesmo como parte das estratégias de negócio da empresa. Aspectos igualmente importantes às questões estratégicas como a comunicação adequada entre as diversas áreas também devem ser levados em consideração.

Considerando a palavra "comunicação" como algo que deve ser compartilhado (CHAVES et al., 2010), esse compartilhamento de informações e até mesmo a divisão de responsabilidades se torna fundamental para a busca de sucesso dentro do processo de desenvolvimento de novos produtos.

Naturalmente é preciso entender o processo de desenvolvimento de novos produtos como um projeto de grande importância para a empresa. Como projeto, entende-se todo esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo (PMI, 2008), sendo que a gestão do projeto é a aplicação dos conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto a fim de atender seus requisitos (DINSMORE & SILVEIRA NETO, 2004).

Alguns itens devem receber especial atenção dentro de um projeto de desenvolvimento de produto. Anteriormente neste trabalho, mostrou-se que o retrabalho dentro de um processo de desenvolvimento de um novo produto contribui para o atraso do projeto e para o aumento do tempo do ciclo até o lançamento do produto. Boa parte do retrabalho em projetos é devido a alterações no escopo, sendo que se entende como escopo o conjunto de características e funções que descrevem um produto ou projeto que dará origem a este produto (SOTILLE et al., 2007).

Um segundo item que deve ser visto pela equipe responsável pelo desenvolvimento do produto se refere aos riscos envolvidos no empreendimento. Entende-se por gestão de riscos como sendo a atividade de identificar as possíveis incertezas e tentar controlá-las (SALLES JR et al., 2010).

A gestão de escopo, riscos, tempo, recursos humanos e uma série de outras atividades fazem parte de um bom gerenciamento de projetos e é parte integrante de uma bem sucedida metodologia de desenvolvimento de produtos.

II.2 Funil de decisões

O lançamento bem sucedido de produtos está diretamente associado à utilização de metodologias conectadas às necessidades do mercado (BAXTER, 2000). Dessa forma, percebeu-se que o desenvolvimento de um

ISSN 1809-3957

novo produto pode ser gerado em suas etapas iniciais a partir de passos que podem qualificar ou não uma idéia para que ela seja ou não descartada pela empresa. Ou seja, uma idéia que passa de forma bem sucedida por estes passos pode ser considerada como tendo uma maior probabilidade de sucesso do que idéias que não passaram por este tipo de teste ou "funil".

Segundo BAXTER (2000), o funil de decisões é um processo que tem como objetivo principal visualizar as variações de risco ou incerteza ao longo do processo e auxiliar a equipe do projeto na tomada de decisões que maximizem a chance de sucesso do lançamento do produto em questão. A FIGURA 1 auxilia na visualização deste processo.

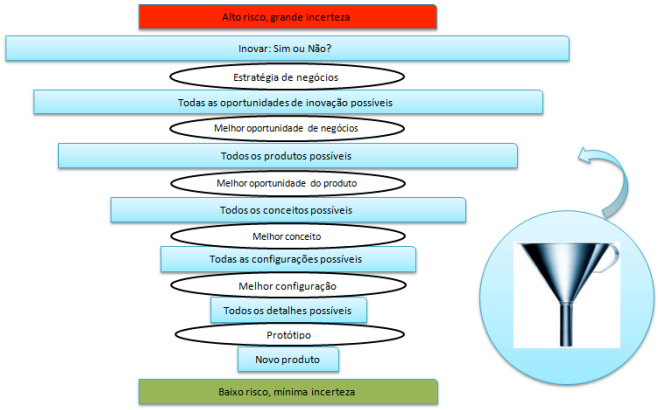


Figura 1- Funil de Decisões. Fonte: autor adaptado de BAXTER (2000)

Na TABELA 1 é apresentada uma possível utilização do processo funil dentro de uma empresa de telecomunicações ([1]SALES & CANCIGLIERI JR, 2011).

Tabela 1 - Funil de decisões dentro de uma empresa de telecomunicações. Fonte: [1]SALES & CANCIGLIERI JR (2011)

Etapa 1	Idéias iniciais
Etapa 2	Pesquisa com o consumidor
Etapa 3	Prova de conceito
Etapa 4	Validação jurídica e regulatória
Etapa 5	Orçamento prévio
Etapa 6	Business Case

II.3 Stage Gate

Segundo [2]SALES & CANCIGLIERI (2011), com a redução do ciclo de vida do produto, a crescente evolução tecnológica, o acirramento da concorrência e o aumento no nível de exigência do consumidor no atendimento de seus padrões de qualidade, fica evidente a necessidade de investimentos na redução do tempo do ciclo de desenvolvimento do produto dentro das empresas.

Segundo COOPER (2001), existem razões que sustentam a necessidade de ter uma metodologia eficiente para o desenvolvimento de novos produtos e vão desde o foco na execução com qualidade até mesmo a necessidade de desenvolvimento de várias atividades em paralelo com a administração de equipes multifuncionais. Dado esta necessidade, foi elaborado um modelo de tomada de decisões baseado na realização de um conjunto de atividades em paralelo por diversas equipes em cada uma das etapas de desenvolvimento de um produto culminando posteriormente com um momento onde as entregas de determinada etapa são avaliadas e uma decisão de passar ou não para a próxima etapa é conduzida pelo grupo de trabalho. Este modelo de tomada de decisão é chamado STAGE GATE (FIGURA 2).

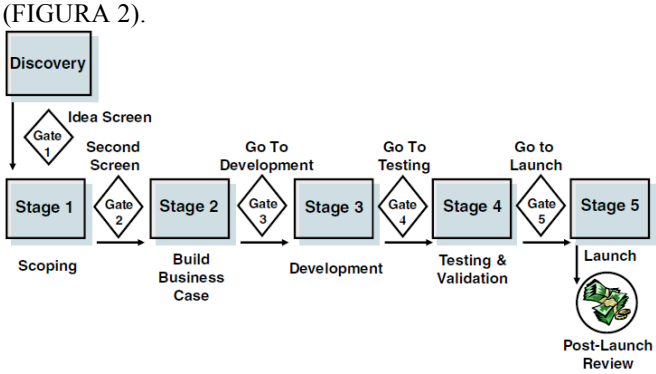


Figura 2 - O processo STAGE GATE. Fonte: COOPER (2001)

Dentro dente modelo (FIGURA 2) pode-se observar a existência de uma etapa onde a idéia do novo produto é concebida (etapa prévia do modelo que é mais bem elaborada dentro do funil de decisões), em outra etapa o escopo do produto e do projeto são detalhados (STAGE 1), posteriormente é construído um *business case* para a avaliação financeira do projeto (STAGE 2), em seguida o desenvolvimento em si tem seu início e a maior parte dos recursos orçados são gastos (STAGE 3), sendo que no STAGE 4 ocorrem os testes e a validação do produto para que finalmente este produto seja lançado ao mercado consumidor (STAGE 5).

II.4 Modelo Híbrido

Considerando os altos investimentos que são realizados hoje no desenvolvimento de novos produtos e da consequente baixa tolerância a erros, um processo de desenvolvimento maduro deve manter o foco na redução do retrabalho, na implantação das estratégias da empresa e principalmente na reprodução de lançamentos bem sucedidos.

Pensando nestes três itens, faz sentido selecionar adequadamente a melhor idéia para o desenvolvimento logo no início do processo onde ocorrem filtros como o grau de inovação a serem introduzidas, as possibilidades de produtos com maiores chances de sucesso frente ao momento em que o mercado consumidor se situa e os detalhes de configurações do produto que podem ser mais atraentes para o consumidor em questão, ou seja, a execução do "funil de decisões" logo no início do processo é fundamental.

Entretanto, com a idéia selecionada, o foco passa a ser na execução com qualidade e com o mínimo de retrabalho. Com a necessidade de redução do tempo do ciclo de desenvolvimento do produto, não existe muito espaço para testar diversas possibilidades e a equipe multifuncional deve estar focada nas atividades que devem ser realizadas em cada etapa e nos pontos de decisão. Neste momento, a melhor estratégia é a utilização do modelo STAGE GATE de tomada de decisões.

Dessa forma, para atender às necessidades de escolher a idéia correta e ao mesmo tempo conduzir o processo de desenvolvimento de forma adequada, este trabalho propõe a utilização do modelo híbrido para o desenvolvimento de produtos (FIGURA 3).

ISSN 1809-3957

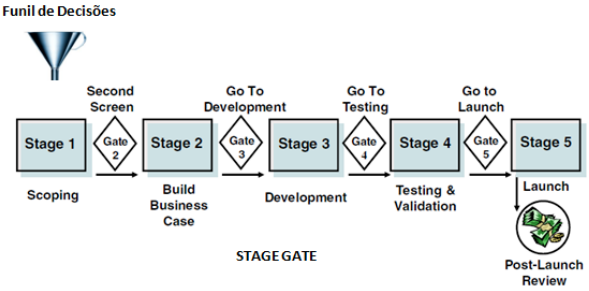


Figura 3- Adaptação do STAGE GATE para utilização com o funil. Fonte: [3]SALES & CANCIGLIERI JR (2012), adaptado de COOPER (2001)

Considerando que neste trabalho será analisado o desenvolvimento de um novo produto pertencente a uma família de produtos já existentes dentro da empresa em questão, os parâmetros de análise do contexto de inovação do produto (feitos durante o funil de decisões) e o detalhamento adicional do escopo (feito no primeiro estágio do modelo STAGE GATE) podem ser suprimidos do modelo híbrido original, evidenciando que a abordagem mais adequada seria a utilização do modelo híbrido simplificado (FIGURA 4).

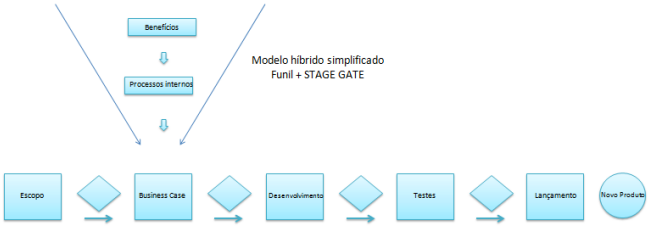


Figura 4- Modelo híbrido simplificado para desenvolvimento de produtos. Fonte: [3]SALES & CANCIGLIERI JR (2012)

III. ESTUDO DE CASO

A construção do modelo híbrido descrita anteriormente neste artigo foi elaborada a partir de modelos comprovadamente reconhecidos pelo mercado como o Funil de Decisões e o STAGE GATE, entretanto, optou-se neste trabalho por aplicar o modelo híbrido em um caso real de desenvolvimento de produto realizado por uma empresa do segmento de telecomunicações.

Segundo YIN (2010), a relevância da escolha de um estudo de caso depende da necessidade de explicação de uma questão que esteja ocorrendo no momento presente e neste trabalho tem-se a possibilidade de utilizar um produto para exemplificar a utilidade deste modelo.

Outro fator que será utilizado neste artigo é indicar o percentual de aderência do produto em questão ao modelo híbrido simplificado.

A utilização do funil de decisões representa 50% do percentual total de análise da aderência ao modelo e o restante se deve à utilização do modelo STAGE GATE. Dentro do funil de decisões, o modelo híbrido simplificado divide o funil em duas partes: análise dos benefícios esperados e análise dos processos internos da empresa (cada etapa representará 25% da aderência total). Já o modelo STAGE GATE é subdividido em 4 etapas no modelo híbrido simplificado (business case, desenvolvimento, testes e lançamento) sendo que cada etapa representará 12,5% da aderência total ao modelo.

III.1 Descrição da empresa e da área analisada

A empresa escolhida para participar deste estudo é uma organização multinacional do setor de telecomunicações sendo que a unidade em análise atua há mais de 10 anos no mercado brasileiro e hoje possui clientes na maioria dos estados brasileiros. Os produtos comercializados por esta empresa vão desde serviços de telefonia fixa, disponibilização de acesso à internet em conexões de alta velocidade, serviços de TV por assinatura e produtos de proteção e armazenamento de dados.

Esta empresa possui hoje mais de 5.000 funcionários e uma estrutura de atendimento em várias cidades. Seus canais de vendas vão desde ações de telemarketing ativo e receptivo até vendas de rua ou canais virtuais utilizando a internet. As ações de comunicação no lançamento de novos produtos utilizadas pela empresa abrangem propaganda em televisão, revistas, internet, ações localizadas nas cidades onde atua e relacionamento com formadores de opinião.

A área responsável pelo desenvolvimento e lançamento de novos produtos é subordinada à estrutura de Marketing e possui uma metodologia de gerenciamento de projetos deste tipo desde o ano de 2007. Os projetos são conduzidos por gerentes de projeto com experiência e treinamento formal nas melhores práticas de gestão de projeto utilizadas pelo mercado e existe um sistema de informação que foi desenvolvido para que a metodologia interna da área seja utilizada em sua plenitude com garantias de envolvimento de equipes multifuncionais.

III.2 Descrição do produto

O produto em estudo é uma nova velocidade de acesso à internet via banda larga e é voltado ao segmento de varejo da empresa. Hoje a maior parte do volume de vendas tem origem neste setor. Devido à empresa já praticar a venda de serviços de conexão à internet em alta velocidade para o mercado residencial e empresarial, este produto não apresenta grandes inovações técnicas visto que sua principal característica é entregar uma velocidade aproximadamente 60% superior ao produto mais vendido.

Apenas para exemplificar a importância deste tipo de produto, segundo dados do Comitê Gestor da Internet no Brasil (2012), hoje, 45% das residências brasileiras tem computador em casa sendo que 38% dos domicílios tem acesso à internet e apenas 9% dos domicílios tem velocidades de conexão superiores a 8 Mbps (mega bits por segundo).

As regras comerciais continuam as mesmas da família atual de produtos e o processo de venda e instalação será reproduzido da mesma forma, entretanto o preço do produto será superior ao produto atualmente vendido.

III.3 Aplicação do modelo Híbrido Simplificado

A análise da aplicação do modelo Híbrido Simplificado foi dividida em duas etapas, sendo que a primeira etapa analisava a aderência ao Funil de Decisões e a segunda etapa ao STAGE GATE.

Durante a etapa dentro do funil de decisões, subdividida em "benefícios" e "processos internos", notou-se que a análise dos benefícios foi realizada com relativa facilidade devido ao grande histórico que a empresa já possuía sobre o comportamento do consumidor frente ao

ISSN 1809-3957

lançamento de produtos de acesso a internet com velocidades superiores e às estratégias de incremento de vendas que poderiam ser utilizadas para que os resultados fossem alcançados.

Já a possibilidade de condução do produto frente aos processos internos foi subestimada principalmente nos aspectos técnicos. Embora as alterações técnicas fossem pequenas, elas não foram analisadas adequadamente, sendo que esta falha agregou riscos ao desenvolvimento do produto com possibilidade de retrabalho e atrasos, ou seja, a etapa de analise dos processos internos foi parcialmente aderente.

Analisando apenas a etapa de funil de decisões, obteve-se uma aderência de 75% ao modelo (TABELA 2).

Tabela 2 - Aderência da etapa "Funil de Decisões" ao modelo Híbrido Simplificado. Fonte: autor

Aderência ao Modelo Híbrido Simplificado			
	Sub-itens avaliados	Percentual de aderência ao funil	Aderência total ao modelo
Funil de Decisões	Benefícios	100%	50%
	Processos Internos	50%	25,00%
		sub-total:	75,00%

Durante a etapa onde o modelo STAGE GATE é aplicado, ao todo quatro etapas são avaliadas para o modelo simplificado (*Business Case*, Desenvolvimento, Testes e Lançamento). Quanto ao *Business Case*, o processo foi executado adequadamente sendo que devido ao histórico anterior de produtos dentro da mesma família, várias premissas foram utilizadas e os resultados financeiros esperados foram identificados e aprovados. O desenvolvimento do produto (processos, sistemas, plataformas de engenharia e treinamentos) foi executado segundo a metodologia interna da empresa e as melhores práticas do mercado foram aplicadas, garantindo a qualidade do produto. Quanto aos testes, a empresa optou por executar apenas testes internos e técnicos, sendo que não foram realizados testes comerciais como pré-venda em clientes selecionados, desta forma, este item foi parcialmente atendido. Já o lançamento foi planejado de forma a obter o máximo de aprendizado com os lançamentos anteriores e vários canais de comunicação foram utilizados incluindo ações de endomarketing para maximizar o esforço de toda a empresa para que o sucesso do produto fosse alcançado.

Dessa forma, o percentual de aderência do modelo Híbrido Simplificado considerando apenas a etapa "STAGE GATE" ficou em 87,5% (TABELA 3).

Tabela 3- Aderência da etapa "STAGE GATE" ao modelo Híbrido Simplificado. Fonte: autor.

Aderência ao Modelo Híbrido Simplificado			
	Sub-itens avaliados	Percentual de aderência ao STAGE	Aderência total ao modelo
STAGE GATE	Business Case	100%	25,00%
	Desenvolvimento	100%	25,00%
	Testes	50%	12,50%
	Lançamento	100%	25,00%
		sub-total:	87,50%

Analisando o novo produto considerando que o modelo Híbrido Simplificado é composto de duas etapas (Funil de Decisões e STAGE GATE) tem-se uma aderência de 81,25% (TABELA 4).

Tabela 4 - Aderência do produto ao modelo Híbrido Simplificado. Fonte: autor.

Aderência ao Modelo Híbrido Simplificado			
	Sub-itens avaliados	Percentual de aderência ao sub-item	Aderência total ao modelo
Funil de Decisões	Benefícios	100%	25%
	Processos Internos	50%	12,50%
STAGE GATE	Business Case	100%	12,50%
	Desenvolvimento	100%	12,50%
	Testes	50%	6,25%
	Lançamento	100%	12,50%
		Total:	81,25%

IV. CONCLUSÃO

O modelo Híbrido de desenvolvimento de produtos proposto neste artigo estabelece a união de dois modelos (Funil de Decisões e STAGE GATE) consolidados no mercado e com extensa literatura publicada a respeito.

O produto analisado foi uma extensão da família atual de produtos da empresa, mas com grande potencial de vendas, sendo que inclusive a expectativa da organização é que este produto venha a ser no futuro o líder de vendas para o segmento residencial.

Notou-se que a junção de um contexto com enfoque na estratégia (funil) e outro que provê atenção especial ao ciclo de desenvolvimento do produto (STAGE GATE) proporcionaram:

1. Lançar o produto certo para o momento do mercado – a análise e eliminação de idéias nas etapas iniciais do processo decisório e o foco em entender quais os benefícios esperados para determinado produto ajudaram no processo de desenvolver um produto com maiores chances de ser bem sucedido após seu lançamento;
2. Com a escolha de um produto viável economicamente e tecnicamente, as menores chances de retrabalho dentro de um modelo de etapas bem definidas e pontos de análise e aprovação contribuem positivamente para o processo;
3. Com a escolha do produto correto e redução do retrabalho, naturalmente obteve-se uma redução no ciclo de desenvolvimento do produto (estes dados foram levantados com base no tempo de desenvolvimento de produtos semelhantes dentro da mesma família).

Estudos posteriores a este trabalho poderiam analisar a aplicação do modelo Híbrido Completo, onde são levados em conta fatores como o nível de inovação dos produtos e a necessidade de uma análise mais detalhada do escopo dentro da etapa STAGE GATE do modelo.

Outro trabalho relevante seria a aplicação do modelo Híbrido Simplificado em outros segmentos da indústria como, por exemplo, os segmentos de Tecnologia da Informação, Energia e Construção Civil.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACK, Nelson; OGLIARI, André; DIAS, Acires; SILVA, Jonny Carlos da. **Projeto Integrado de Produtos – Planejamento, Concepção e Modelagem**. 1ª Ed. – Barueri, São Paulo: Manole, 2008.

BARKLEY, Bruce T.. **Project Management In New Product Development**. USA: MacGraw-Hill, 2008.

ISSN 1809-3957

BAXTER, Mike. **Projeto de Produto – Guia prático para o design de novos produtos**. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 2000.
CHAVES, Lúcio Edi; SILVEIRA NETO, Fernando Henrique; PECH, Gerson; CARNEIRO, Margareth. **Gerenciamento da Comunicação em Projetos**. 2ª ed. – Rio de Janeiro: Editora FGV, 2010.
COOPER, Robert G.. **Winning at New Products – Accelerating the Process from Idea to Launch.** 3rd ed. Addison-Wesley Publishing Company, 2001.
DINSMORE, Paul Campbell; SILVEIRA NETO, Fernando Henrique. **Gerenciamento de Projetos – Como Gerenciar seu Projeto com Qualidade, dentro do Prazo e Custos Previstos**. 1ª ed. – Rio de Janeiro: Qualitymark, 2004.
IRIGARAY, Helio Arthur; VIANNA, Alexandre; NASSER, José Eduardo; LIMA, Luiz Paulo Moreira. **Gestão e Desenvolvimento de Produtos e Marcas**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006.
KOTLER, Philip; KELLER, Kevin Lane. **Administração de Marketing**. 12ª ed. – São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.
KERIN, Robert A.; HARTLEY, Steven W.; BERKOWITZ, Eric N.; RUDELIUS, Willian. **Marketing**. 8ª ed. – São Paulo: Mc-Graw-Hill, 2007.
Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação no Brasil : TIC Domicílios e TIC Empresas 2011 [coordenação executiva e editorial: Alexandre F. Barbosa]. – São Paulo: **Comitê Gestor da Internet no Brasil**, 2012.
PMI. **PMBOK Guide: A Guide to the Project Management Body of Knowledge**. 4ª ed. - Newtown, PA: Project Management Institute, 2008.
[1]SALES, Odivany; CANCIGLIERI JR, Osíris. Proposta Conceitual para o Desenvolvimento de Produtos no Segmento de Telecomunicações – Uma Abordagem Comparativa Utilizando os Processos de Tomada de Decisões "Funil" e "STAGE-GATE". **XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Belo Horizonte, MG, Brasil, 04 a 07 de outubro de 2011.
[2]SALES, Odivany; CANCIGLIERI JR, Osíris. O Modelo STAGE GATE dentro do Processo de Desenvolvimento de um Produto – Uma Análise Comparativa com o Desenvolvimento de um Produto de uma Empresa de Telecomunicações. **8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto – CBGDP 2011**, Porto Alegre, RS, Brasil, 12 a 14 de setembro de 2011.
[3]SALES, Odivany; CANCIGLIERI JR, Osíris. Modelo Híbrido de Tomada de Decisão para Redução do Ciclo de Desenvolvimento de Produto. **International Conference on Production Research Americas 2012 – ICPR 2012**, Santiago, Chile, 02 a 03 de agosto de 2012.
SALLES JR, Carlos Alberto Corrêa; SOLER, Alonso Mazini; VALLE, José Ângelo Santos; RABECHINI JR, Roque. **Gerenciamento de Riscos em Projetos**. 2ª ed. – Rio de Janeiro: Editora FGV, 2010.
SOTILLE, Mauro Afonso; MENEZES, Luis Cesar de Moura; XAVIER, Luis Fernando da Silva; PEREIRA, Mário Luis Sampaio. **Gerenciamento do Escopo em Projetos**. 1ª ed. – Rio de Janeiro: Editora FGV, 2007.
YIN, Robert K. **Estudo de Caso – Planejamento e Métodos**. 4ª ed. – Porto Alegre: ArtMed Editora, 2010.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

UMA PROPOSTA DE ORIENTAÇÃO LEGAL PARA O DESENVOLVIMENTO DAS PESQUISAS BIOTECNOLÓGICAS

AZEVEDO VALESCA MACHADO ABI-ACKEL; AKINRULI SAMUEL AYOBAMI;
BARBOSA FRANCISCO VIDAL; AZEVEDO VASCO;
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS – UFMG
valesca.abi@gmail.com, ayobami@insod.org, fvberlim@gmail.com,
vascoariston@gmail.com

***Resumo** - A biotecnologia é um ramo muito recente do conhecimento humano e grande parte dos países desenvolvidos não legisla sobre o tema, tendo como referencial outras áreas tradicionais de conhecimento legal e científico. Mas, devido aos grandes riscos e as grandes possibilidades de contribuição tecnológica oferecida à humanidade, convém dar a merecida importância ao assunto. No Brasil, foram aprovadas várias Leis que regulamentam a Biotecnologia, e é objetivo deste trabalho, a compilação dessa legislação que regulamenta desde o processo de desenvolvimento da pesquisa utilizando os procedimentos biotecnológicos e a devida proteção desses resultados, por meio de Propriedade Intelectual, até a colocação desses produtos no mercado, abordando todo o processo para a obtenção do registro perante a Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA.*

***Palavras-chave:** Legislação Brasileira. Desenvolvimento de Pesquisa Científica em Biotecnologia. Propriedade Intelectual e Registro na ANVISA.*

I. INTRODUÇÃO

Considerando que o Direito pertence ao campo das ciências sociais, Gustav Radbruch (Mascarin, 2006) conceitua o Direito:

[...] *não apenas um querer e dever, mas sim uma força real e atuante na vida do povo. Assim, apesar de toda a capacidade de inovar, a lei somente poderá apor seu selo às regras que o costume desenvolveu* [...]

Assim o Direito deve acompanhar as mudanças ocorridas no tempo e no espaço. É o que vem ocorrendo atualmente considerando o surgimento de questões polêmicas como o avanço da tecnologia. São naturais ao ser humano a insegurança e a desconfiança sobre tudo que é novo, principalmente quando se trata de questões éticas e incertezas quanto às conseqüências que poderão causar à saúde humana, à qualidade de vida da população e aos seus direitos adquiridos.

O grande alvo de polêmicas em diversas partes do mundo envolve o desenvolvimento das pesquisas na área Biotecnológica que resultou na descoberta dos organismos geneticamente modificados (OGMs) ou transgênicos, como mais popularmente são chamados. Tendo espaço consolidado na mídia, além de sofrerem várias objeções pelas Organizações Não Governamentais (ONGs), que são aquelas sem fins lucrativos e com finalidades públicas, atuando em diversas áreas, tais como: meio ambiente, combate à pobreza, assistência social, saúde, educação, reciclagem, desenvolvimento sustentável, entre outras.

A palavra biotecnologia tem origem grega onde bios significa vida, techno, tecnologia e logos, estudo, sendo o estudo das técnicas aplicadas à vida. Os estudiosos da área conceituaram a biotecnologia em tradicional e moderna. A Biotecnologia Tradicional apresentavam técnicas rudimentares como às de fermentação, que isolavam e usavam os microorganismos, sem o conhecimento de sua existência, e obtinham o pão, o vinho, a cerveja e diversos derivados do leite. Enquanto que com a Biotecnologia Moderna, surgiu da década de 70, com a manipulação dos seres vivos, chamando a atenção das pessoas para um futuro com soluções geneticamente possíveis, evoluindo para as técnicas de engenharia genética, que por sua vez, produzem os organismos geneticamente modificados (OGMs) ou transgênicos. Os organismos transgênicos são aqueles cujo genoma foi modificado com o objetivo de atribuir-lhes nova característica ou alterar alguma característica já existente, através da inserção ou eliminação de um ou mais genes por técnicas de engenharia genética, despertando maior interesse sobre a Propriedade Intelectual dos materiais genéticos e seus mecanismos, sendo indispensável um ambiente institucional adequado para tal desenvolvimento.

Neste contexto, surge a Bioética, com o objetivo de realizar os juízos de apreciação a respeito destas novas ocorrências biotecnológicas, de atuação interveniente ou manipuladora da vida humana, bem como o Biodireito, com o objetivo de impor limites e freios a esta atuação, conceituado como o conjunto de valores, princípios e normas que têm por finalidade proteger a vida humana, disciplinando a prática de suas intervenções e os mecanismos de sua manipulação, os quais serão abordados neste trabalho.

Muitos produtos biotecnológicos desenvolvidos nas últimas décadas nunca saíram dos seus laboratórios deixando de atingir os usuários finais. Acreditamos que vários fatores impedem este fluxo e afugenta os investimentos, como: a falta de investimentos à longo prazo, falta de capital de risco, e principalmente o desconhecimento da legislação que regulamenta a matéria, desde o desenvolvimento da pesquisa científica que utilizam os procedimentos biotecnológicos e a Propriedade Intelectual dos resultados passíveis de proteção, até o registro na ANVISA do produto biotecnológico final, requisito imprescindível para sua produção e comercialização no mercado.

ISSN 1809-3957

Para lidar com organismos vivos precisa de um alto grau de regulamentação e para possibilitar o desenvolvimento da biotecnologia com segurança, o Brasil estabeleceu através de legislação específica, normas de biossegurança para regular o uso da engenharia genética e a liberação no meio ambiente de organismos modificados por essa técnica, bem como, as Leis que regulamentam a proteção dos resultados obtidos, com o objetivo de integrar o Regime de Direitos de Propriedade Intelectual com outras políticas e instituições públicas e privadas e incentivar o crescimento e o desenvolvimento da indústria biotecnológica no País.

Buscaremos neste trabalho, fazer uma compilação de toda, ou quase toda, a Legislação Brasileira existente, com o intuito de atender as necessidades dos pesquisadores dedicados à área, garantindo, por meio do conhecimento à cerca da regulamentação, que os resultados de suas pesquisas possam gerar produtos passíveis de serem produzidos e comercializados, uma vez que foram respeitados todos os procedimentos estabelecidos em lei, bem como assegurar que os benefícios dessa tecnologia possam ser usufruídos pela humanidade de maneira mais eficiente.

II. ARCABOUÇO LEGAL QUE ENVOLVE A BIOTECNOLOGIA NO BRASIL

A seguir, faremos uma incursão pelas Leis, Medidas Provisórias, Decretos, Resoluções e Instruções Normativas que regulamentam a Biotecnologia no Brasil, tanto as referentes ao Desenvolvimento das Pesquisas Científicas e Tecnológicas, quanto as que estabelecem a proteção da Propriedade Intelectual dos resultados que atenderem aos requisitos de patenteabilidade.

1 - Constituição da República

Assim as questões que envolvem a matéria começam a ser regulamentadas na Constituição da República, onde estão reunidas as normas mais importantes do País e que norteiam a elaboração das demais Leis, conforme os artigos dispostos abaixo:

Art. 218. O Estado promoverá e incentivará o desenvolvimento científico, a pesquisa e a capacitação tecnológicas.

Art. 219. O mercado interno integra o patrimônio nacional e será incentivado de modo a viabilizar o desenvolvimento cultural e sócio-econômico, o bem-estar da população e a autonomia tecnológica do País, nos termos de lei federal.

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

§ 1º - Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público:

II - preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do País e fiscalizar as entidades dedicadas à pesquisa e manipulação de material genético;

V - controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente;

2 - Leis

A Lei nº 6938 de 31/08/1981, dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, estabelecendo o conceito e os objetivos dessa política que é a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida.

A Lei 8078, de setembro de 1990, dispõe sobre a proteção do consumidor com o objetivo de atender às necessidades dos consumidores, o respeito à sua dignidade, saúde e segurança, a proteção de seus interesses econômicos, a melhoria da sua qualidade de vida, e a transparência e harmonia das relações de consumo.

A Lei 9279 de14/05/1996 regula os direitos e obrigações relativos à propriedade industrial e estabelece que a proteção efetua-se mediante concessão de patentes de invenção ou modelo de utilidade, desenho industrial, marca, indicações geográficas e concorrência desleal. Nela estabelece que os seres vivos e os materiais biológicos encontrados na natureza não poderão ser patenteados, conforme disposto abaixo:

Art. 10. Não se considera invenção nem modelo de utilidade:

IX - o todo ou parte de seres vivos naturais e materiais biológicos encontrados na natureza, ou ainda que dela isolados, inclusive o genoma ou germoplasma de qualquer ser vivo natural e os processos biológicos naturais.

Dessa forma, essa Lei reafirma a necessidade da utilização de técnicas de engenharia genética como a manipulação dos microorganismos, ocasionando a modificando do que já existe na natureza, para que o resultado gerado na pesquisa preencha os requisitos de patenteabilidade e seja passível de proteção.

Considerando que a Biotecnologia se refere ao desenvolvimento tecnológico de organismos vivos, incluindo, portanto, animais, plantas e microorganismos, alem de outros materiais biológicos, também diz respeito à matéria a Lei 9456, de 25/04/1997 que institui a Proteção de Cultivares, que são plantas modificadas geneticamente em relação às que já existem na natureza.

Em 26 de janeiro de 1999, surge a Lei 9782 que define o Sistema Nacional de Vigilância Sanitária, criando a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, conforme os artigos 3º e 6º abaixo subscritos:

Art. 3º- Fica criada a Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, autarquia sob regime especial, vinculada ao Ministério da Saúde, com sede e foro no Distrito Federal, prazo de duração indeterminado e atuação em todo território nacional. (Redação dada pela Medida Provisória nº 2.190-34, de 2001).

Art. 6º - A Agência terá por finalidade institucional promover a proteção da saúde da população, por intermédio do controle sanitário da produção e da comercialização de produtos e serviços submetidos à vigilância sanitária, inclusive dos ambientes, dos processos, dos insumos e das tecnologias a eles relacionados, bem como o controle de portos, aeroportos e de fronteiras.

Falaremos mais adiante, em tópico específico sobre como é feito o controle sanitário, bem como os

ISSN 1809-3957

procedimentos impostos pela ANVISA para a realização do registro dos produtos Biotecnológicos.

A Lei 10.196 de 14/02/2001 altera e acrescem dispositivos à Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996, que regula os direitos e obrigações relativos à propriedade industrial, e dá outras providências. Não podemos deixar de falar que dentre as suas alterações é bastante relevante registrar a inclusão do artigo 229-C, conforme abaixo subscrito:

Art. 229-C: A concessão de patentes para produtos e processos farmacêuticos dependerá da prévia anuência da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA.

Apesar de ser bastante controverso o assunto da Anuência Prévia da ANVISA na concessão de patentes de medicamentos, vale à pena destacar a sua importância para os que vão contra, uma vez que, devemos levar em conta que a análise feita pela Agência tem como interesse o bem público.

A Lei 10.603 de 17/12/2002 - Dispõe sobre a proteção de informação não divulgada submetida para aprovação da comercialização de produtos e dá outras providências.

Art. 1º- Esta Lei regula a proteção, contra o uso comercial desleal, de informações relativas aos resultados de testes ou outros dados não divulgados, apresentados às autoridades competentes como condição para aprovar ou manter o registro para a comercialização de produtos farmacêuticos de uso veterinário, fertilizantes, agrotóxicos seus componentes e afins.

Parágrafo único. As informações protegidas serão aquelas cuja elaboração envolva esforço considerável e que tenham valor comercial enquanto não divulgadas.

Conforme o seu art. 3º, quando as informações forem consideradas confidenciais, os resultados dos testes ou outros dados apresentados às autoridades competentes, não poderão ser utilizados por elas em favor de terceiros; bem como não poderão ser divulgados os resultados dos testes apresentados às autoridades competentes exceto quando para proteger o público. E os prazos de proteção para essas informações estão dispostos no art. 4º, que estabelece que o prazo para os produtos que utilizem novas entidades químicas ou biológicas, será de dez anos contados a partir da concessão do registro; enquanto que o prazo para os produtos que não utilizem novas entidades químicas ou biológicas, será de cinco anos contados a partir da concessão do registro.

A Lei 11.105 de 24 de março de 2005, mais conhecida como a Lei de Biossegurança é uma das mais importantes sobre a matéria regulamentando os incisos II, IV e V do § 1º do art. 225 da Constituição Federal, criando o Conselho Nacional de Biossegurança - CNBS, reestruturando a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança - CTNBio, e ainda dispõe sobre a Política Nacional de Biossegurança - PNB.

Esta lei regula todos os aspectos da manipulação e uso de OGMs no Brasil, incluindo pesquisa em contenção, experimentação em campo, transporte, importação, produção, armazenamento e comercialização. Seu texto abrange desde o cultivo de alimentos transgênicos e a engenharia genética, até as pesquisas com células-tronco embrionárias, sendo que todas essas atividades deverão considerar o conceito de biossegurança de acordo com Teixeira & Valle, 1996, *"É o conjunto de ações voltadas para a preservação, minimização ou eliminação de riscos inerentes às atividades de pesquisa, produção, ensino, desenvolvimento tecnológico e prestação de serviços, visando a saúde do homem, dos animais, a preservação do meio ambiente e a qualidade dos resultados."*

Foi, inegavelmente, um grande avanço para as pesquisas relativas à matéria e voltadas à utilização das células-tronco o disposto no artigo 5º, desde que, respeitados o estabelecido nos parágrafos, conforme abaixo subscrito:

Art. 5º É permitida, para fins de pesquisa e terapia, a utilização de células-tronco embrionárias obtidas de embriões humanos produzidos por fertilização in vitro e não utilizados no respectivo procedimento, atendidas as seguintes condições:

I – sejam embriões inviáveis; ou

II – sejam embriões congelados há 3 (três) anos ou mais, na data da publicação desta Lei, ou que, já congelados na data da publicação desta Lei, depois de completarem 3 (três) anos, contados a partir da data de congelamento.

§ 1º Em qualquer caso, é necessário o consentimento dos genitores.

§ 2º Instituições de pesquisa e serviços de saúde que realizem pesquisa ou terapia com células-tronco embrionárias humanas deverão submeter seus projetos à apreciação e aprovação dos respectivos comitês de ética em pesquisa.

§ 3º É vedada a comercialização do material biológico a que se refere este artigo e sua prática implica o crime tipificado no art. 15 da Lei no 9.434, de 4 de fevereiro de 1997.

3 - Medidas Provisórias

A Medida Provisória nº 2.186-16, de 23.08.2001 regulamenta o inciso II do § 1º e o § 4º do art. 225 da Constituição, os artigos 1º, 8º, alínea "j", 10, alínea "c", 15 e 16, alíneas 3 e 4 da Convenção sobre Diversidade Biológica, dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético, a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado, a repartição de benefícios e o acesso à tecnologia e a transferência de tecnologia para sua conservação e utilização, e dá outras providências, conforme dispões em seu art. 1º, abaixo subscrito:

Art. 1o Esta Medida Provisória dispõe sobre os bens, os direitos e as obrigações relativos:

I - ao acesso a componente do patrimônio genético existente no território nacional, na plataforma continental e na zona econômica exclusiva para fins de pesquisa científica, desenvolvimento tecnológico ou bioprospecção;

II - ao acesso ao conhecimento tradicional associado ao patrimônio genético, relevante à conservação da diversidade biológica, à integridade do patrimônio genético do País e à utilização de seus componentes;

III - à repartição justa e eqüitativa dos benefícios derivados da exploração de componente do patrimônio genético e do conhecimento tradicional associado; e

ISSN 1809-3957

IV - ao acesso à tecnologia e transferência de tecnologia para a conservação e a utilização da diversidade biológica.

4 - Decretos

O Decreto Legislativo nº 2º, de 03/02/1994 aprova o texto da Convenção sobre Diversidade Biológica, assinada durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento realizada na Cidade do Rio de Janeiro, no período de 5 a 14 de junho de 1992. E em 1998, 4 anos depois, o Decreto 2519/1998 promulga esta Convenção.

A Convenção sobre Diversidade Biológica é um dos mais importantes instrumentos internacionais relacionados ao meio ambiente, na qual afirma que a conservação da diversidade biológica é uma preocupação comum à humanidade, e ainda que os Estados têm direitos soberanos sobre os seus próprios recursos biológicos; e que são responsáveis pela conservação.

O Decreto 4074/2002 regulamenta a Lei 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins.

Institui em seu art. 2º que a competência para proceder ao registro, classificação, controle, inspeção e a fiscalização dos agrotóxicos será dos Ministérios da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Saúde e do Meio Ambiente, no âmbito de suas respectivas áreas de competências.

O Decreto 4339/2002 institui princípios e diretrizes para a implementação da Política Nacional da Biodiversidade, que tem como objetivo geral a promoção, de forma integrada, da conservação da biodiversidade e da utilização sustentável de seus componentes, com a repartição justa e eqüitativa dos benefícios derivados da utilização dos recursos genéticos, de componentes do patrimônio genético e dos conhecimentos tradicionais associados a esses recursos.

O Decreto 4680/2003 regulamenta o direito à informação, assegurado pela Lei no 8.078, de 11 de setembro de 1990, quanto aos alimentos e ingredientes alimentares destinados ao consumo humano ou animal que contenha, ou seja, produzido a partir de organismo geneticamente modificado, sem prejuízo do cumprimento das demais normas aplicáveis. No art. 2º, por exemplo, estabelece que o consumidor deverá ser informado da natureza transgênica desse produto.

O Decreto 5591/2005 regulamenta os dispositivos da Lei 11.105 de 24 de março de 2005, que regulamenta os incisos II, IV e V do § 1º do art. 225 da Constituição, e dá outras providências. Ele reafirma que a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança - CTNBio deverá acompanhar o desenvolvimento e o progresso científico nas áreas de biossegurança e institui a necessidade de os laboratórios que realizarem pesquisas com manipulação de microorganismos requererem junto à CTNBio, a emissão do Certificado de Qualidade em Biossegurança – CQB, conforme os dispositivos abaixo subscritos:

Art. 4º. Parágrafo único. A CTNBio deverá acompanhar o desenvolvimento e o progresso técnico e científico nas áreas de biossegurança, biotecnologia, bioética e afins, com o objetivo de aumentar sua capacitação para a proteção da saúde humana, dos animais e das plantas e do meio ambiente.

Art. 45. A instituição de direito público ou privado que pretender realizar pesquisa em laboratório, regime de contenção ou campo, como parte do processo de obtenção de OGM ou de avaliação da biossegurança de OGM, o que engloba, no âmbito experimental, a construção, o cultivo, a manipulação, o transporte, a transferência, a importação, a exportação, o armazenamento, a liberação no meio ambiente e o descarte de OGM, deverá requerer, junto à CTNBio, a emissão do CQB.

O Decreto 5950/2006 regulamenta o art. 57-A da Lei no 9.985, de 18 de julho de 2000, para estabelecer os limites para o plantio de organismos geneticamente modificados nas áreas que circundam as unidades de conservação, conforme descrito em seu artigo 1º, abaixo subscrito:

Art. 1º Ficam estabelecidas as faixas limites para os seguintes organismos geneticamente modificados nas áreas circunvizinhas às unidades de conservação, em projeção horizontal a partir do seu perímetro, até que seja definida a zona de amortecimento e aprovado o Plano de Manejo da unidade de conservação:

I - quinhentos metros para o caso de plantio de soja geneticamente modificada, evento GTS40-3-2, que confere tolerância ao herbicida glifosato;

II - oitocentos metros para o caso de plantio de algodão geneticamente modificado, evento 531, que confere resistência a insetos; e

III - cinco mil metros para o caso de plantio de algodão geneticamente modificado, evento 531, que confere resistência a insetos, quando existir registro de ocorrência de ancestral direto ou parente silvestre na unidade de conservação.

Parágrafo único. O Ministério do Meio Ambiente indicará as unidades de conservação onde houver registro de ancestral direto ou parente silvestre de algodão geneticamente modificado, evento 531, com fundamento no zoneamento proposto pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA.

O Decreto 6925/2009 dispõe sobre a aplicação do art. 19 do Protocolo de Cartagena sobre Biossegurança, da Convenção sobre Diversidade Biológica, promulgado pelo Decreto nº 5.705, de 16 de fevereiro de 2006, e dá outras providências.

O Decreto nº 6.041 de 08.02. 2007 dispõe sobre a Política de Desenvolvimento da Biotecnologia, cria o Comitê Nacional de Biotecnologia e dá outras providências. O Comitê Nacional de Biotecnologia foi criado para coordenar a implementação da Política Nacional de Biotecnologia e tem por objetivo propor e implementar mecanismos de monitoramento e avaliação de desempenho dos programas e atividades estabelecidas nas metas e objetivos definidos na política.

O item 2º do anexo a este Decreto diz que o objetivo geral da Política de Desenvolvimento da Biotecnologia é promover e executar ações com vistas ao estabelecimento de

ISSN 1809-3957

ambiente adequado, para o desenvolvimento de produtos e processos biotecnológicos inovadores, estimular o aumento da eficiência da estrutura produtiva nacional, a capacidade de inovação das empresas brasileiras, absorção de tecnologias, a geração de negócios e a expansão das exportações.

5 - Resolução

A Resolução CNS (Conselho Nacional de Saúde) nº 196, de 10.10.96 prova as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. O respeito devido à dignidade humana exige que toda pesquisa se processe após consentimento livre e esclarecido dos sujeitos, indivíduos ou grupos que por si e/ou por seus representantes legais manifestem a sua anuência à participação na pesquisa.

A Resolução CTNBio nº 1, de 30.10.96 aprova o Regimento Interno da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança – CTNBio, instituindo suas competências, composição, atribuições.

A Resolução CNS nº 292, de 08.07.99 - Norma complementar à Resolução CNS (Conselho Nacional de Saúde) nº 196/96, referente à área específica sobre pesquisas em seres humanos, coordenadas do exterior ou com participação estrangeira e pesquisas que envolvam remessa de material biológico para o exterior.

A Resolução CNS nº 251, de 07.08.97 aprova normas de pesquisa envolvendo seres humanos para a área temática de pesquisa com novos fármacos, medicamentos, vacinas e testes diagnósticos, e fala dentre outros assuntos das responsabilidades do pesquisador.

6 - INSTRUÇÕES NORMATIVAS

A Instrução Normativa CTNBio nº 2, de 10.09.96 - Normas provisórias para Importação de Vegetais Geneticamente Modificados Destinados à Pesquisa. Estabelece no seu ANEXO I, Item 1, o abaixo subscrito:

1. A instituição interessada deverá requerer ao Departamento de Defesa e Inspeção Vegetal (DDIV), do Ministério da Agricultura e do Abaste-cimento, a permissão para importação do vegetal geneticamente modificado.

A Instrução Normativa CTNBio nº 4, de 19.12.96 - Normas para o transporte de Organismos Geneticamente Modificados. Estabelece no Item 1, do ANEXO o abaixo subscrito:

1- A permissão para transporte depende da classificação do OGM e do destino do mesmo. Para sua emissão, tanto a entidade remetente quanto aquela de destino, localizadas em território nacional, devem possuir o Certificado de Qualidade em Biossegurança – CQB.

A Instrução Normativa CTNBio nº 8, de 09.07.97 dispõe sobre a manipulação genética e sobre a clonagem de seres humanos, conformo o art2º, abaixo subscrito:

Art. 2º Ficam vedados nas atividades com humanos:

I - a manipulação genética de células germinais ou de células totipotentes;

II - experimentos de clonagem radical através de qualquer técnica de clonagem.

A Instrução Normativa CTNBio nº 9, de 10.10.97 dispõe sobre as normas para intervenção genética em seres humanos, na qual fica estabelecido que todas as propostas de intervenção ou manipulação genética de humanos serão examinadas pela CTNBio.

A Instrução Normativa CTNBio nº 13, de 1º.06.98 dispõe sobre as normas para importação de animais geneticamente modificados (AnGMs) para uso em trabalho em regime de contenção, na qual fica estabelecido que a importação será sempre feita por uma entidade que possua CQB - Certificado de Qualidade em Biossegurança.

A Instrução Normativa CTNBio nº 17, de 17.11.98 dispõe sobre as normas que regulamentam as atividades de importação, comercialização, transporte, armazenamento, manipulação, consumo, liberação e descarte de produtos derivados de OGM. E em seu ANEXO, item 1 estabelece o abaixo subscrito:

1. A regulamentação de produtos derivados de organismos geneticamente modificados (OGM), no que se refere aos diferentes aspectos de avaliação de riscos à saúde ou ao meio ambiente, quanto aos aspetos de qualidade, composição química, grau de pureza ou eventuais contaminantes, toxicidade e, ainda, de suas aplicações, são de competência e serão exercidas pelos órgãos de fiscalização do Ministério da Saúde, do Ministério da Agricultura e do Abastecimento, e do Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal, obedecendo às respectivas legislações vigentes.

A Instrução Normativa CTNBio nº 18, de 15.12.98 dispõe sobre a liberação planejada no meio ambiente e comercial da soja Roundup Ready. Trata-se de uma tecnologia que confere à planta a característica de tolerância aos herbicidas.

A Instrução Normativa CTNBio nº 19, de 19.04.2000 dispõe sobre os procedimentos para a realização de audiências públicas pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança, trazendo em seu escopo o abaixo subscrito:

As audiências públicas destinam-se a:

- permitir o debate de caráter tecnico-científico de matérias na área de biossegurança, propiciando aos setores interessados da sociedade a possi-bilidade de encaminhamento de pleitos, opiniões e sugestões;

- identificar, da forma mais ampla possível, os aspectos tecnico-científicos relevantes à matéria objeto da audiência pública; e

- ampliar a publicidade da ação regulatória da CTNBio.

Verificamos que a quantidade de Leis existentes que regulamentam as Pesquisas em Biotecnologia é bastante extensa, e não é uma tarefa fácil para o pesquisador conhecer todas elas. Mas também, fica claro, a importância do cumprimento das mesmas para garantir a viabilidade dos resultados das pesquisas, quando gerarem um produto inovador passível de ser comercializado.

III. REGISTRO DOS PRODUTOS BIOTECNOLÓGICOS NA AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) é uma agência reguladora vinculada ao Ministério da Saúde do Brasil. É uma autarquia de regime

ISSN 1809-3957

especial e exerce o controle sanitário de todos os produtos e serviços, nacionais ou importados, submetidos à vigilância sanitária, tais como medicamentos, alimentos, cosméticos, saneantes, derivados do tabaco, produtos médicos, sangue, hemoderivados e serviços de saúde.

Além disso, é responsável tembém pela aprovação dos produtos e serviços submetidos à vigilância sanitária, para posterior comercialização, implementação e produção no país. E conjuntamente com o Ministério das Relações Exteriores controla os portos, aeroportos e fronteiras nos assuntos relacionados à vigilância sanitária. Sua atuação abrange também o monitoramento e a fiscalização dos ambientes, processos, insumos e tecnologias relacionados à saúde, atuando ainda, na esfera econômica, ao monitorar os preços de medicamentos e ao participar da Câmara de Medicamentos (Camed).

Sua missão é: *"Proteger e promover a saúde da população garantindo a segurança sanitária de produtos e serviços e participando da construção de seu acesso".*

Coadunando com o descrito acima, temos o Decreto 3029, de 16/04/1999 que em seu art. 2º estabelece, conforme abaixo subscrito:

Art. 2º — A Agência Nacional de Vigilância Sanitária terá por finalidade institucional promover a proteção da saúde da população, por intermédio do controle sanitário da produção e da comercialização de produtos e serviços submetidos à vigilância sanitária, inclusive dos ambientes, dos processos, dos insumos e das tecnologias a eles relacionados, bem como o controle de portos, aeroportos e fronteiras.

Visando regulamentar o registro de produtos biológicos no País, que é o foco deste trabalho, a ANVISA publicou da resolução - RDC nº 315, de 26 de outubro de 2005, que dispõe sobre o Regulamento Técnico de Registro, Alterações Pós-Registro e Revalidação de Registro dos Produtos Biológicos Terminados. E, recentemente, publicou em 20 de dezembro de 2010 as novas regras para o registro, a RDC 55 que estabelece os requisitos mínimos de qualidade, segurança e eficácia para estes medicamentos. Este documento aponta os procedimentos, testes e documentação necessários para o registro desses produtos. Possibilita que as empresas desenvolvam produtos biológicos por meio de comparabilidade com outros já existentes no mercado o que poderá aumentar a disponibilidade desse tipo de medicamento no mercado. A medida abrange tanto os medicamentos biológicos já comercializados no país quanto os produtos novos.

A RDC (Resolução de Diretoria Colegiada) 55 de 16/12/2010 estabelece no art. 2º várias definições relevantes para efeito dessa resolução, e o inciso VII trás o significado de dossiê completo, conforme abaixo subscrito:

Inciso VII - dossiê completo: é o conjunto total de documentos apresentados à Anvisa para demonstração dos atributos de qualidade, segurança e eficácia de um produto biológico.

O artigo 4º dessa Resolução descreve quais serão considerados os produtos biológicos, conforme abaixo subscrito:

Art. 4° São produtos biológicos para fins desta Resolução: I - vacinas;

II - soros hiperimunes;

III - hemoderivados;

IV - biomedicamentos classificados em:

a) medicamentos obtidos a partir de fluidos biológicos ou de tecidos de origem animal; e

b) medicamentos obtidos por procedimentos biotecnológicos.

V - anticorpos monoclonais;

VI - medicamentos contendo microorganismos vivos, atenuados ou mortos;

No momento de protocolar da solicitação do registro a empresa deve comprovar o pagamento da taxa de fiscalização sanitária correspondente e apresentar 1 (uma) via de toda a documentação solicitada, bem como 1(um) CD-ROM em formato (PDF).

Conforme estabelecido nesta Resolução a documentação deverá estar numerada, assinada e rubricada pelo Representante e Responsável Técnico da empresa, além de devidamente organizadas.

Todos os documentos, assim como todas as informações contidas em rótulos, bulas, cartuchos e todo o material impresso, apresentados à ANVISA deverão estar em língua portuguesa; e os documentos em língua estrangeira deverão ser submetidos ¬a uma tradução juramentada.

O artigo 14 dispõe que a ANVISA poderá exigir, mesmo após o registro, qualquer documento que julgar importante, caso seja necessário avaliações complementares, conforme abaixo subscrito:

Art. 14. A Anvisa poderá, a qualquer momento e a seu critério, exigir provas adicionais de identidade e qualidade dos componentes do produto biológico novo ou produto biológico, e/ou requerer novos estudos para comprovação de eficácia e segurança clínica, caso ocorram fatos que dêem ensejo a avaliações complementares, mesmo após a concessão do registro.

O artigo 15 estabelece que caso haja a caducidade ou o cancelamento do registro, para que o detentor tenha novo registro deverá submeter a todo o procedimento novamente.

O artigo 34 trás a lista de toda a documentação específica para os produtos biotecnológicos necessária, além da descrita nas Seções I e II do Capítulo III, que deverá ser apresentada pela empresa no ato do protocolo de pedido do registro, conforme abaixo subscrito:

Documentação de Produção e Controle de Qualidade de Produtos Biotecnológicos

Art. 34. Especificamente para os produtos biotecnológicos, além da documentação descrita nas Seções I e II deste Capítulo, no ato do protocolo de pedido de registro, a empresa solicitante deverá apresentar as seguintes informações:

I - descrição dos bancos de células mestre e de trabalho utilizados na fabricação do produto biotecnológico, sendo obrigatória a apresentação de:

a) seqüência do gene clonado;

b) descrição dos métodos de seleção de clones e controle de expressão;

ISSN 1809-3957

c) descrição do método de inserção do vetor na célula;

d) documentação relacionada à estabilidade genética do vetor na célula hospedeira;

e) descrição da cepa/linhagem da célula hospedeira;

f) determinação da idade celular máxima in vitro;

g) descrição do vetor de expressão usado para o desenvolvimento do banco de células mestre;

h) descrição do sistema de banco de células, identificando o número do lote do banco de célula mestre e de trabalho utilizado para a produção dos lotes clínicos e industriais;

i) descrição das atividades de controle de qualidade e estabilidade durante a produção e estocagem dos bancos de células mestre e de trabalho; e

j) relação e freqüência de realização dos testes utilizados para a avaliação da estabilidade dos bancos de células mestre e de trabalho;

II - caracterização da substância ativa, sendo obrigatória a apresentação de:

a) estrutura primária, indicando os sítios de modificações pós-traducionais;

b) estruturas secundária, terciária e quaternária;

c) massa molecular relativa;

d) comparação entre a molécula produzida e a molécula original;

e) caracterização das formas resultantes de modificações póstraducionais;

f) descrição e justificativa para modificações realizadas na molécula pós-cultivo, quando aplicável;

g) determinação da atividade biológica;

h) determinação do grau de pureza;

i) dados sobre agregados; e

j) determinação das propriedades físico-químicas e imunoquímicas;

III - caracterização da substância ativa no produto biológico terminado, sendo obrigatória a apresentação de:

a) estruturas secundária, terciária e quaternária;

b) determinação da atividade biológica;

c) determinação do grau de pureza;

d) dados sobre agregados; e

e) determinação das propriedades físico-químicas e imunoquímicas.

Verificamos, portanto, a interminável lista de documentos, formulários, dados, características e estruturas específicas dos produtos biológicos, dentre outros, exigida pela ASNVISA para o registro do produto, e autorização para sua produção e comercialização.

IV. CONCLUSÃO

Constatamos que são muitas leis, decretos, resoluções que regulamentam o desenvolvimento de pesquisa que utiliza procedimento biotecnológico, alem de bastante complexa a burocracia para o registro desses produtos na ANVISA. Por um lado, trás segurança à humanidade, e por outro, funcionam como entraves para o desenvolvimento tecnológico na área.

Mas quando nos deparamos com vários exemplos bem sucedidos de resultados dessas pesquisas, tais como, o sequenciamento do genoma humano que trouxeram preciosas informações para a humanidade, bem como a evolução dos diagnósticos de doenças a partir de amostras de ácido desoxirribonucléico, e notável desenvolvimento de medicamentos e terapias para combater danos sofridos a humanidade, contando já com vários novos produtos no mercado, como por exemplo, hormônio do crescimento, insulina, interferon, vacinas e plantas; concluímos que é imprescindível o patenteamento dos materiais vivos, o cumprimento das Leis vigentes no País, garantindo, portanto, as condições e estruturas necessárias para o desenvolvimento Biotecnológico, com o objetivo maior de beneficiar a humanidade.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL FRANCISCO, Por um Estatuto Jurídico da vida humana – a construção do Biodireito,(Mascarin, 2006).

BASSO M. A ANVISA e a concessão de patentes farmacêuticas. Valor Econômico 2004; 18 out.

JUNQUEIRA, M.R., RODRIGUES, B. Biodireito e alimentos transgênicos: bioética, ética, vida e direito do consumidor. 1a ed. São Paulo: Lemos e Cruz, 2002.

LAPA, F.B. Em defesa da biodiversidade: uma analise sobre o patenteamento de seres vivos. In: Estado de direito ambiental: tendências, aspectos constitucionais e diagnósticos. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2004.

LEITE, M. Os alimentos transgênicos. São Paulo: Publifolha, 2000.

SCHOLZE, S.H.C. Patentes, transgênicos e clonagem: implicações jurídicas e bioéticas. Brasília: Editora UnB, 2002.

VARELLA, M.D. Propriedade intelectual de setores emergentes: biotecnologia, fármacos e informática: de acordo com a Lei n.º. 9.279, de 14.05.1996. São Paulo: Editora Atlas. 1996, 255p.

VIEIRA, A.C.P.; SANTOS, J.P. As implicações jurídicas a respeito da tecnologia dos alimentos transgênicos: direitos dos consumidores, os riscos e os benefícios, os debates e a cautela necessária (compact disc). In: CONGRESSO DE MILHO E SORGO, 24, Florianópolis, 2002. Anais. Florianópolis: ABMS, 2002.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Institui a Política Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 1981

BRASIL. Lei nºº 8.078, de 11 de Setembro de 1990. Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 1990

BRASIL. Lei nº 9.279, de 14.05.96. Regulam direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 1996

BRASIL. Lei nº 9.456 de 25.04.97. Institui a Lei de Proteção de Cultivares, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 1997

BRASIL. Lei nº 9.610, de 19.02.98. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 1998

BRASIL. Lei nº 9.782, de 26.01.99. Define o Sistema Nacional de Vigilância Sanitária, cria a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 1999

BRASIL. Lei nº 10.196, de 14.02.2001. Altera e acresce dispositivos à Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996, que regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 2001

BRASIL. Lei nº 10.603, de 17.12.2002. Dispõe sobre a proteção de informação não divulgada submetida para aprovação da comercialização de produtos e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 2002
BRASIL. Decreto Legislativo nº 2, de 03.02.94, Aprova o texto da Convenção sobre Diversidade Biológica, assinada durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento realizada na Cidade do Rio de Janeiro, no período de 5 a 14 de junho de 1992. Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil, Brasília, DF, 1992
BRASIL. Decreto nº 2.519 de 16.03.98, Promulga a Convenção sobre Diversidade Biológica, assinada no Rio de Janeiro, em 05 de junho de 1992. Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil, Brasília, DF, 1998
BRASIL. Decreto nº 4.074, de 04.01.2002, Regulamenta a Lei no 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2002
BRASIL. Decreto nº 4.339, de 22.08.2002, Institui princípios e diretrizes para a implementação da Política Nacional da Biodiversidade. Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2002
BRASIL. Decreto nº 4.680, de 24.04.2003, Regulamenta o direito à informação, assegurado pela Lei no 8.078, de 11 de setembro de 1990, quanto aos alimentos e ingredientes alimentares destinados ao consumo humano ou animal que contenham ou sejam produzidos a partir de organismos geneticamente modificados, sem prejuízo do cumprimento das demais normas aplicáveis.Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2003
BRASIL. Decreto nº 5.591, de 22.11.2005, Regulamenta dispositivos da Lei no 11.105, de 24 de março de 2005, que regulamenta os incisos II, IV e V do § 1o do art. 225 da Constituição, e dá outras providências. Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2005
BRASIL. Decreto nº 6.925, de 06.08.2009, Dispõe sobre a aplicação do art. 19 do Protocolo de Cartagena sobre Biossegurança da Convenção sobre Diversidade Biológica, promulgado pelo Decreto nº 5.705, de 16 de fevereiro de 2006, e dá outras providências. Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2009
BRASIL. Decreto nº 6.041, de 8 de fevereiro de 2007, Institui a Política de Desenvolvimento da Biotecnologia, cria o Comitê Nacional de Biotecnologia e dá outras providências. Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2007
BRASIL. Resolução CNS nº 196, de 10.10.96. Aprova as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil, Brasília, DF,1996.
BRASIL. Resolução CTNBio nº 1, de 30.10.96. Aprova o Regimento Interno da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança - CTNBio. Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil, Brasília, DF,1996.
BRASIL. Instrução Normativa CTNBio nº 2, de 10.09.96, da CTNBio. Normas provisórias para Importação de Vegetais Geneticamente Modificados Destinados à Pesquisa. Diário Oficial da União [da República Federativa do Brasil], Brasília, 1996
BRASIL. Instrução Normativa CTNBio nº 4, de 19.12.96, da CTNBio. Normas para o transporte de Organismos Geneticamente. Diário Oficial da União [da República Federativa do Brasil], Brasília, 1996
BRASIL. Instrução Normativa CTNBio nº 8, de 09.07.97, da CTNBio. Dispõe sobre a manipulação genética e sobre a clonagem de seres humanos. Diário Oficial da União [da República Federativa do Brasil], Brasília, 1997
BRASIL. Instrução Normativa CTNBio nº 9, de 10.10.97, da CTNBio. Dispõe sobre as normas para intervenção genética em seres humanos. Diário Oficial da União [da República Federativa do Brasil], Brasília, 1997
BRASIL. Instrução Normativa CTNBio nº 13, de 1º.06.98 da CTNBio. Dispõe sobre as normas para importação de animais geneticamente modificados (AnGMs) para uso em trabalho em regime de contenção. Diário Oficial da União [da República Federativa do Brasil], Brasília, 1998
BRASIL. Instrução Normativa CTNBio nº 17, de 17.11.98 da CTNBio. Dispõe sobre as normas que regulamentam as atividades de importação, comercialização, transporte, armazenamento, manipulação, consumo, liberação e descarte de produtos derivados de OGM. Diário Oficial da União [da República Federativa do Brasil], Brasília, 1998
BRASIL. Instrução Normativa CTNBio nº 18, de 15.12.98 da CTNBio. Dispõe sobre a liberação planejada no meio ambiente e comercial da soja Roundup Ready.. Diário Oficial da União [da República Federativa do Brasil], Brasília, 1998
BRASIL. Instrução Normativa CTNBio nº 19, de 19.04.2000 da CTNBio. Dispõe sobre os procedimentos para a realização de audiências públicas pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança. Diário Oficial da União [da República Federativa do Brasil], Brasília, 2000

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

INTERSETORIALIDADE NAS POLÍTICAS SOCIAIS: ENTRE O IDEAL E O REAL

MARIA MADALENA CAMINHA LEAL SILVA; GUIOMAR DE OLIVEIRA PASSOS.
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
mmcleal@hotmail.com; Guiomar@ufpi.edu.br

***Resumo** – Neste artigo aborda-se a intersetorialidade nas políticas sociais brasileiras, examinando-a desde sua instituição na Carta Constitucional de 1988 até as tentativas de efetivação em políticas sociais, a partir das análises e constatações de Junqueira (1997, 1998), Inojosa (2001) e Monnerat (2009). Constatou-se que há um descompasso entre o ideário definido nas legislações pertinentes às políticas sociais e sua concretização pelas agências públicas responsáveis em atender às demandas da população. As ações estatais permanecem formatadas por estruturas fragmentadas, setorializadas e por sobreposição de programas e ações, demandando uma nova forma de gestão que seja capaz de minimizar tais características históricas e persistentes. Desse modo, a intersetorialidade é convocada na atualidade, nos vários campos das políticas sociais, para superação desse aparato setorial. No entanto, por não constituir-se em um fato preexistente ou espontâneo, é ainda um desafio; esta pressupõe nova institucionalidade, pautada em mudanças nas concepções, valores e práticas historicamente arraigadas na cultura organizacional brasileira.*

***Palavras Chave:** Intersetorialidade. Integração. Políticas Sociais.*

I. INTRODUÇÃO

A intersetorialidade tem sido pauta nas discussões teóricas, sob várias perspectivas. É identificada como articulação de saberes e experiências no processo de planejamento, execução e avaliação das políticas sociais (INOJOSA, 2001); integração dos diversos segmentos da organização governamental (JUNQUEIRA, 2004); ou, ainda, como objeto de decisão racional no processo de gestão pública (SPOSATI, 2004). No entanto, um elemento comum une a maioria dos intentos em demarcá-la conceitualmente, que é a imperiosa necessidade da organização do trabalho integrado na esfera das políticas sociais, por se constituir numa abordagem que permite responder, de forma mais ampla, às problemáticas sociais em seu caráter complexo e multidimensional.

Os argumentos para a intersetorialidade vão desde a complexidade da realidade até as considerações sobre a amplitude das necessidades humanas ou as múltiplas faces das questões sociais. Estas não apenas são insuficientemente respondidas por ações setoriais, como impõem uma perspectiva de integralidade; isto é, do homem visto em sua totalidade e não em partes atomizadas. A intersetorialidade coloca-se, portanto, como sustentáculo para a integralidade.

Assim, está na ordem do dia o desafio de promover uma dada capacidade de gestão que seja capaz de minimizar as características históricas e persistentes, de fragmentação e sobreposição de programas e políticas. Isso, no entanto, não constitui um fato preexistente ou espontâneo; é necessário árduo trabalho de construção política nas organizações públicas e entre elas, pois existem várias lacunas no processo de formulação e implementação das políticas sociais, uma delas, quiçá a principal, é a ausência de transversalidade, isto é, de ações que entrecruzem diferentes setores.

As políticas sociais, ao terem em seu desenho a intersetorialidade, aqui entendida como ações integradas de diferentes setores no atendimento às necessidades da população, considerando sua realidade concreta e colocando em pauta as peculiaridades de suas condições de vida (JUNQUEIRA; INOJOSA; KOMATSU, 1997), esbarram em dificuldades no momento da implementação.

Neste artigo, aborda-se, através de revisão bibliográfica, esta problemática nas políticas de seguridade e de educação a partir da Carta Constitucional de 1988. Nelas, se por um lado os princípios de universalidade, equidade e integralidade constituem um imperativo da efetivação das garantias legais, por outro, se deparam com um legado de fragmentação e desarticulação que pode ameaçar a própria eficácia da norma e comprometer o atendimento às demandas sociais.

O tema é abordado em dois momentos: primeiro, expõe-se como a integração, nas políticas de seguridade e educação, é instituída na Constituição de 1988 e nas respectivas leis regulamentadoras, apresentando análises dos obstáculos às suas efetivações. Depois, apresenta-se desenhos de intersetorialidade em políticas sociais, identificando-as como tentativas integralizadoras. Por fim, analisam-se as dificuldades postas à intersetorialidade e os modos de sua efetivação nas políticas sociais da atualidade.

II. A INSTITUIÇÃO DA INTERSETORIALIDADE NAS POLÍTICAS DE SEGURIDADE E DE EDUCAÇÃO NA CONSTITUIÇÃO

A Constituição Federal de 1988 estabelece a articulação das políticas sociais como imperativo para a efetivação da proteção social integral. Ao lado da participação, universalidade, descentralização e equidade, incorpora a integração tanto entre os entes federados, como também entre diferentes setores das políticas sociais, para garantir o direito de proteção à família e ao indivíduo, da maternidade à velhice (BRASIL, 1988, art. 203, I). Nesse sentido, veio determinar "uma revisão política e conceitual dos princípios norteadores do antigo padrão de prestação de

ISSN 1809-3957

serviços sociais" (FARIAS 1997, p.32). Ou seja, traz a possibilidade de modernização dos instrumentos legais em todas as áreas da proteção social, alterando, substancialmente, pilares básicos do modelo até então vigente.

Isso se consubstancia na instituição da seguridade social, ao ser definida como um "conjunto integrado de ações de iniciativa dos Poderes Públicos e da sociedade destinadas a assegurar os direitos relativos à saúde, à previdência e à assistência social." (BRASIL, 1988, art. 194). Aí, interpretam Monnerat e Souza (2011, p. 42), introduz-se a "noção de direitos sociais universais como parte da condição de cidadania, antes restrita apenas aos beneficiários da Previdência Social". As leis complementares, elaboradas durante os anos 90, consolidam essas determinações, estabelecendo os mecanismos necessários à efetivação.

Na saúde (BRASIL, 1990, art.198), um dos objetivos do Sistema Único de Saúde - SUS diz que a garantia da assistência às pessoas será realizada "por meio da integração das ações assistenciais e das atividades preventivas" (BRASIL, 1990, art. 5º, inciso III). Na regulamentação dada pela Lei nº 8080/90, essa integralidade da assistência é definida como "um conjunto articulado e contínuo das ações e serviços preventivos e curativos, individuais e coletivos, exigidos para cada caso em todos os níveis de complexidade do sistema" (BRASIL, 1990, art. 7º, inciso II). Para isso, prevê a formação de comissões intersetoriais e intergestoras que estabelecem a articulação entre os setores e entre os entes federais (BRASIL, 1990, art. 12º).

Na assistência social (BRASIL, 1993, art. 1º), a integração das ações constitui elemento de sua própria definição, quando estabelece que ela é "um direito do cidadão e dever do Estado, [...], realizada através de um conjunto integrado de iniciativa pública e da sociedade, para garantir o atendimento às necessidades básicas". Ou ainda que, essa articulação se realize de "forma integrada às políticas setoriais, garantindo mínimos sociais e provimento de condições para atender contingências sociais, promovendo a universalização dos direitos sociais" (BRASIL, 1993, art. 2º, II, Parágrafo Único). Assim, a integração na assistência social constitui, desde o texto original, a base do enfrentamento da pobreza.

Nas alterações impingidas pela Lei 12.435/2011, a centralidade da integração se manifesta não só no modo de enfrentamento da pobreza, como também nos objetivos do Sistema Único de Assistência Social - SUAS (BRASIL, 2011, art. 6º). Este define tanto o compartilhamento de ações entre os entes federados, como a integração na gestão de serviços e benefícios, que devem ser efetivados "através de uma rede socioassistencial de Proteção Social Básica e Especial" (BRASIL, Art. 6º-A). Em nível de execução, a articulação de ações deve-se concretizar nas ações dos Centros de Referência da Assistência Social-CRAS e Centros de Referência Especializados da Assistência Social-CREAS, entendidos como unidades públicas estatais "[...] que possuem interface com as demais políticas públicas e articulam, coordenam e ofertam os serviços, programas, projetos e benefícios da assistência social" (BRASIL, 1993, Art. 6º-C).

De acordo com Monnerat (2009), o fato da assistência social se caracterizar como uma área de intervenção, cujo objeto é marcado por demandas advindas dos efeitos diretos da pobreza e das desigualdades sociais, portanto multifacetadas, propicia iniciativas que tendem a fomentar, de algum modo, a iniciativa intersetorial.

Para além das políticas de seguridade, a ideia de integração também se insere como elemento constituinte da regulamentação do direito à educação. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional - LDB (Lei nº 9.394/96) estabelece o caráter intersetorial da educação, não apenas ao dizer que esta se desenvolve em diferentes contextos formativos, ou que a educação escolar articula-se "ao mundo do trabalho e à prática social" (BRASIL, 1996, art. 1º, § 2º).

Tal legislação define nexos também entre escola e família, por exemplo, quanto ao dever da matrícula dos menores (BRASIL, 1996, art. 5º, §1º, III), e da garantia da frequência (Art. 12, VII), bem como entre os entes federados. Nesse aspecto, a integração se expressa no "regime de colaboração" entre os sistemas de ensino e na articulação entre os diferentes níveis que compõem a organização da educação nacional (Art. 8º). A articulação também se manifesta na instituição da qualidade do ensino associado à gestão democrática deste, que envolve a "participação dos profissionais da educação na elaboração do projeto pedagógico da escola", bem como da comunidade em "conselhos escolares ou equivalentes" (BRASIL. 1996, art. 14).

Observa-se, então, que, tanto no texto constitucional, como nas legislações complementares, a integração constitui-se um aspecto logrado em todas as áreas das políticas sociais, efetivando-se através da articulação no interior de cada setor e entre setores das políticas sociais.

Essa, contudo, não tem sido a marca do sistema de proteção social brasileiro, pois não apenas o aparato governamental continuou "fatiado por conhecimentos, por saberes, por corporações", isto é, sem encarar "as pessoas e famílias como totalidades que são" (INOJOSA, 2001, p. 103), como permaneceu em cada política, uma espécie de endogenia, em que cada setor estabelece os contornos de sua ação, 'convidando' os demais para auxiliar na implementação. Na expressão de Junqueira; Inojosa e Komatsu, (1997, p.22)

> As estruturas setorializadas tendem a tratar o cidadão e seus problemas de forma fragmentada, com serviços executados solitariamente, embora as ações se dirijam à mesma criança, à mesma família, ao mesmo trabalhador e ocorram no mesmo espaço territorial e meio ambiente.

Assim, o perfil organizacional, definido na Constituição de 1988, transforma o formato institucional do setor social, de direito, mas não de fato. Na prática profissional,

> A professora vê que seu trabalho perde efetividade se a criança que está sob seus cuidados, além de não ter nutrição adequada, mora em

ISSN 1809-3957

> condições adversas, não tem acesso a serviços de saúde, atividades de cultura, esportes e lazer, não é protegida de riscos e violências. O médico e a enfermeira também se afligem ao perceber que os agravos e riscos à saúde de determinado grupo não são superados porque sua moradia não tem saneamento, porque há um depósito de lixo nas proximidades etc. Só que nem a professora nem o médico têm, nas organizações tradicionais setorializadas, condições de encaminhar efetivamente esses problemas, de canalizar essas necessidades e demandas, que são de áreas distintas da administração pública (JUNQUEIRA; INOJOSA; KOMATSU, 1997, p.23).

A fragmentação institucional, segundo Draibe (1990) é uma característica do modo de funcionamento das ações do Estado de Bem-Estar no Brasil, adquirida complementa, "no período de sua 'Consolidação Institucional', sob a égide do autoritarismo". A multiplicidade de formas de organismos públicos (institutos, fundações, empresas públicas) criados no período, segundo essa autora, provocou não apenas burocracia excessiva e ausência de controle, mas também superposição de programas e de clientelas além de "bloqueio à formulação e implantação de planos gerais para cada setor da política social nacional" (DRAIBE, 1990, p. 09).

Esse também é o entendimento de Bronzo e Veiga (2007, p. 06) ao dizerem que as dificuldades da integração previstas na Constituição decorrem da forma como, historicamente, se organizou a administração pública brasileira, baseada em "estruturas verticais e setorialmente demarcadas ao longo de linhas de competências profissionais" e em "determinantes políticos-institucionais que conformam os marcos regulatórios" os quais definem competências e funções, vinculam hierarquicamente os setores e distribuem recursos para a execução de tais funções. Como consequência, a prestação de serviços à população por parte do estado instituiu-se padronizada e baseada em definições das necessidades coletivas a partir das perspectivas profissionais de especialistas.

Na seguridade social, houve, segundo Monnerat (2009), abandono da própria perspectiva de articulação, desde sua implantação, associado a um simultâneo reforço de competitividade entre setores sociais, que reiteraram a fragilidade no enfrentamento da fragmentação dos programas e ações sociais no país. Em suas palavras:

> Não houve adoção da perspectiva sistêmica da seguridade social, que pode ser traduzida na desarticulação entre saúde, assistência social e previdência. Isto obstaculizou o desenvolvimento de uma cultura do diálogo e da promoção de ações intersetoriais no campo das políticas sociais, com consequências marcantes no contexto atual (MONNERAT, 2009, p.42).

Assim, apesar das deliberações legais de que as ações estatais devam ser efetivadas de forma integrada, dirigidas aos mesmos grupos sociais, em um mesmo espaço geográfico, são executadas isoladamente por cada política pública. Para o enfrentamento dessa problemática, várias proposições têm sido apresentadas. É o que se examina a seguir.

III. DESENHOS DE INTERSETORIALIDADE NA FORMULAÇÃO DE POLÍTICAS SOCIAIS

A transformação de processos de trabalho setoriais e fragmentados, historicamente arraigados às práticas das organizações públicas, em práticas organizacionais intersetoriais, não é automática e, muito menos, pacífica. Transformar a intersetorialidade em um eixo estruturante das intervenções estatais "significa enfrentar desafios nada triviais" (BRONZO; VEIGA, 2007, p. 05). No dizer de Junqueira (1997, p. 37), acarreta "mudanças nas práticas e na cultura organizacional que as formam", bem como "riscos, em função das resistências de grupos de interesses contrariados". Para ele, mudar é uma atitude "ousada", a qual necessita de alianças de todos os que desejam incrementar a qualidade de vida do cidadão, dentro e fora da administração pública.

Todavia, nas últimas três décadas, a combinação de vários processos relacionados a mudanças econômicas, tecnológicas, viabilização de problemas emergentes, como gênero, raça, direitos humanos, meio ambiente, etc., aliados à ampliação da pobreza e exclusão têm feito da intersetorialidade uma estratégia para assegurar o adequado atendimento das demandas sociais. Tem-se exigido reformulações tanto no modo de compreensão da realidade e da intervenção, como também das formas de gerenciamento dos serviços públicos, alterando os modos de articulação existentes entre os diversos segmentos da organização governamental e até mesmo de seus interesses.

O trabalho intersetorial é desafiador. Implica mais do que justapor ou compor políticas, programas e projetos que comumente vêm sendo formulados e realizados setorialmente ou tratados como um conjunto de ações que eventualmente estabelecem algum diálogo no momento da formulação ou da avaliação. Consiste em "uma articulação de saberes e experiências no planejamento, realização e avaliação de ações para alcançar efeito sinérgico em situações complexas, visando ao desenvolvimento social" (JUNQUEIRA, 1998, p.14). Significa tratar os problemas do cidadão como eles se apresentam na realidade, ou seja, em sua totalidade e não de forma fragmentada.

Isso, segundo Inojosa(2001), envolve:

- *Mudança de paradigma* - entendido como uma "reforma do pensamento" organizacional substituindo os modelos pautados na "disjunção", "separação", "clausura" e "redução", por outro que permita a transição para o

ISSN 1809-3957

paradigma de "compreensão da diversidade" (INOJOSA, p. 106). É a adoção de uma nova postura por parte das organizações públicas diante das múltiplas necessidades apresentadas pela sociedade;

- *Projeto político transformador para as políticas públicas* - substituição do modelo verticalizado e setorializado, típico de políticas assistencialistas, por um que promova transformação e desenvolvimento social. Este, entendido como "repartição mais equânime das riquezas existentes na sociedade", que promova a "redução das desigualdades", e, portanto, a "reversão da exclusão social" (INOJOSA, p. 106);
- *Planejamento e avaliação participativos e com base regional* – implica um processo permanente e dinâmico, com a participação de vários atores e enfoques, que "começa com a análise de situação, passa por escolhas estratégicas e faz acordos" (INOJOSA, p. 107);
- *Atuação em rede de compromisso social* – trata-se da mobilização dos diversos setores que compõem o aparato estatal e a sociedade, para juntos trabalharem os problemas sociais que se apresentam. Como esclarece Inojosa (2001, p. 107), a verdadeira proposta de rede se concretiza quando "organizações e pessoas se articulam em torno de uma questão da sociedade, programam e realizam ações integradas e articuladas, avaliam juntos os resultados e reorientam a ação".

Tentativas unificadoras ou integradoras têm sido implementadas pelo Estado. Programas, projetos e ações estatais têm incorporado à dimensão da intersetorialidade em seus desenhos ou modos de operacionalização. Alguns exemplos ilustram esse esforço:

- O Benefício de Prestação Continuada - BPC (BRASIL, 1993) expressa a integração através da ação articulada entre o Ministério do Desenvolvimento Social - MDS, cuja responsabilidade é implementar, coordenar, regular, monitorar e avaliar o Benefício, e o Instituto Nacional de Seguro Social - INSS, cujo papel é operacionalizá-lo;
- O Programa Saúde na Escola – PSE, instituído no Decreto Presidencial nº 6.286/2007, prevê parceria entre os Ministérios da Saúde e da Educação, na perspectiva da atenção integral à saúde de crianças, adolescentes e jovens do ensino público básico. É efetivado no âmbito das escolas e unidades básicas de saúde dos municípios, cujas ações são realizadas pelas equipes de saúde da família e da educação básica (BRASIL, 2007, art. 1º). Nesse sentido, a proposta de integração no PSE se expressa tanto na ação interministerial, com a definição das diretrizes e financiamento do Programa, quanto na execução dos serviços em nível local, no interior da escola;
- Programa de Aquisição de Alimentos – PAA (Lei nº 10.696/2003), que possui duas finalidades básicas: promover o acesso à alimentação e incentivar a agricultura familiar (BRASIL, 2003, art. 19). Para tanto, tem as regras de gerenciamento definidas por um Grupo Gestor - GGPAA, órgão colegiado de caráter deliberativo e formado por representantes de seis ministérios, dentre estes os Ministérios do Desenvolvimento Social – MDS e do Desenvolvimento Agrário – MDA. Na execução, a articulação manifesta-se na parceria de estados e municípios com o governo federal;
- O Programa Mais Educação (Portaria Interministerial nº 17/2007 e Decreto n° 7.083/2010), como os demais, enseja a integralidade em suas ações de fomento à educação integral de crianças, adolescentes e jovens, por meio do apoio a atividades socioeducativas no contraturno escolar. Prevê a articulação da educação com as áreas das artes, cultura, esporte e lazer. Articula escola-família-comunidade, mobilizando-as para a melhoria do desempenho educacional, numa dinâmica de rede (BRASIL, 2010, art. 4º).

O Programa de Transferência de Renda Bolsa Família não é apenas o "programa-eixo articulador da proteção social" (MONNERAT, 2009, p. 54), como, através das condicionalidades, requer também que as diferentes esferas de governo estabeleçam arranjos de coordenação intersetorial entre as áreas de assistência, educação e saúde, pelo menos. Por conseguinte, é "dependente da articulação intersetorial e, portanto, das capacidades institucionais e de diálogo político entre os entes da federação e entre os diferentes setores responsáveis pelo desenvolvimento das políticas sociais" (MONNERAT, 2009, p. 54).

O Programa tem origem na unificação de vários outros programas existentes desde os anos de 1990 e 2000 — Bolsa Escola, Bolsa Alimentação, Auxílio Gás e o Cartão Alimentação (BRASIL, 2004, art. 1º) — que mantinham a tradicional lógica fragmentada do arcabouço institucional das políticas sociais no país. Como seus antecessores, beneficia famílias em situação de pobreza (renda mensal *per capita* de R$ 70,00 a R$ 140,00) e de extrema pobreza (renda mensal *per capita* de até R$ 70,00) com renda, inclusão produtiva e acesso aos serviços públicos, condicionando, todavia, o recebimento do benefício, à realização de exame pré-natal, acompanhamento nutricional e de saúde e "frequência escolar de 85% (oitenta e cinco por cento) em estabelecimento de ensino regular, sem prejuízo de outras previstas em regulamento" (BRASIL, 2004, art. 3º).

Por conseguinte, são três os seus eixos principais, conforme os documentos instituidores: renda, condicionalidades e ações e programas complementares. Explica a lei:

> A transferência de renda promove o alívio imediato da pobreza. As condicionalidades reforçam o acesso a direitos sociais básicos nas áreas de educação, saúde e assistência social. Já as ações e programas complementares objetivam o desenvolvimento das famílias, de modo que os beneficiários consigam superar a situação de vulnerabilidade (BRASIL, 2004).

A ideia de integração, portanto, está presente, seja na unificação de diferentes programas com objetivos diversos, seja na articulação, através das condicionalidades, entre setores sociais – assistência social, saúde e educação — e entre família e escola; família e serviços de saúde ou, numa única expressão, entre Estado e sociedade. Nas condicionalidades, o Estado assume o compromisso de oferecer bens e serviços (de saúde, educação e assistência social) e as famílias beneficiadas comprometem-se a:

ISSN 1809-3957

- Na educação, frequência escolar mínima de 85% para crianças e adolescentes entre 6 e 15 anos e mínima de 75% para adolescentes entre 16 e 17 anos;
- Na saúde, acompanhamento do calendário vacinal e do crescimento e desenvolvimento para crianças menores de 7 anos, pré-natal das gestantes e acompanhamento das nutrizes na faixa etária de 14 a 44 anos;
- Na assistência social, frequência mínima de 85% da carga horária relativa aos serviços socioeducativos para crianças e adolescentes de até 15 anos em risco ou retiradas do trabalho infantil.

Desse modo, tem-se, numa única ação estatal, o enfrentamento da pobreza e garantia do acesso à educação e à saúde; isto é, a efetivação de direitos sociais fundamentais.

Observam-se, assim, esforços por parte do Estado, em desenvolver novas práticas nos vários campos das políticas sociais e, neste processo, percebe-se evidente preocupação com a ideia da intersetorialidade, que tem sido pensada como uma estratégia fundamental para atuar sobre problemas estruturais da sociedade. Porém, a implantação de tal proposta é ainda recente, tornando-se necessário acompanhar sua implementação com vistas a identificar seus limites e possibilidades.

IV. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo explanar a problemática da integração nas políticas sociais no Brasil, desde a sua instituição na Carta Constitucional de 1988 até as discussões mais recentes acerca da intersetorialidade, a partir das ideias de Junqueira (1997 e 1998), Inojosa (2001) e Monnerat (2009 e 2011).

Observou-se que a legislação federal, ao tratar das ações sociais do Estado, traz como imperativo o ideário da articulação entre os vários setores das políticas sociais como meio de superação do caráter fragmentado que historicamente permeou o sistema de proteção social brasileiro.

Em conformidade com as análises apresentadas pelos autores supracitados, contudo, verificou-se que, no que diz respeito à concretização das políticas sociais, a organização do Estado ainda se encontra formatada por estruturas marcadas pela fragmentação, endogenia, paralelismo e descontinuidade de ações. Nesse sentido, a intersetorialidade não tem sido a perspectiva predominante adotada pelas organizações responsáveis pela execução da política social brasileira.

Na saúde, persiste um "olhar para dentro" da própria política, que dificulta a percepção da insuficiência das ações de saúde frente aos agravos presentes na realidade e a necessidade da busca de parcerias intersetoriais.

Embora seja a política que apresente mais clareza acerca da importância de se estabelecer estratégias de atuação intersetorial, conforme documentos oficiais, desenho da própria política e especificidade do objeto de intervenção, a assistência social apresenta, ainda, baixa capacidade institucional e política, inclusive quanto ao processo de estruturação das unidades de atenção básica e especial, nos vários municípios brasileiros (MONNERAT, 2009). Isto, em decorrência da histórica falta de profissionalização da área, da sua trajetória assistencialista e clientelista, edificada na filantropia e na ausência de direitos, com fraca presença do Estado.

Na educação, a persistência de indicadores negativos quanto à evasão escolar, altas taxas de analfabetismo, disparidade na relação idade série, presentes na realidade brasileira, indicam a necessidade da intersetorialidade, a partir do reconhecimento de que os problemas estruturais que afetam as famílias repercutem diretamente nas condições de aprendizagem das crianças e adolescentes.

Observou-se, assim, que, há um descompasso entre o ideário da intersetorialidade definida nas legislações pertinentes às políticas sociais e sua concretização pelas agências públicas responsáveis em atender às demandas da população. Pode-se dizer que a intersetorialidade ainda se constitui num desafio no campo da proteção social brasileira, mesmo estando idealizada em suas normas regulatórias, como sustentáculo para a efetivação da atenção integral aos segmentos sociais.

Ela pressupõe uma nova institucionalidade, pautada em: mudanças de paradigmas nas organizações estatais, como uma nova lógica de atuação que compreenda as múltiplas necessidades apresentadas pela sociedade; projeto político transformador para as políticas públicas, que venha romper com as ações de cunho assistencialista; planejamento e avaliação participativos e com base regional; bem como atuação em rede de compromisso social. Exige, portanto, mudanças nas concepções, valores e práticas historicamente arraigados na cultura organizacional brasileira (JUNQUEIRA, 1997; INOJOSA, 2001).

Por conseguinte, é convocada como forma de superação do aparato setorial que molda as políticas sociais na atualidade. Sua grande tarefa é romper as barreiras comunicacionais que impedem o diálogo entre diferentes setores. E, para ser consequente, a ação intersetorial implica trabalhar com problemas concretos, de gentes concretas, em espaços concretos.

Nesse caminho, é certo que os programas, projetos e ações do Estado, na atualidade, trazem a intersetorialidade como o mecanismo necessário para sua eficácia. No entanto, é mister acrescentar a necessidade de se examinar a efetivação das políticas sociais, na perspectiva da intersetorialidade, analisando como têm respondido às necessidades da população. Entretanto, isso implica pesquisa empírica, o que foge ao objetivo deste trabalho.

ISSN 1809-3957

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Constituição (1988)**. Brasília, DF: Senado, 1988. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constitui%C3%A7ao.htm. Acesso em: maio 2012.

_____. Lei nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 20 set. 1990. p. 27833. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seed/arquivos/pdf/tvescola/leis/lein9394.pdf>. Acesso em: setembro 2006.

_____. Lei nº 8.080 de 19 de setembro de 1990. Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 20 set. 1990. p. 18055. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8080.htm >. Acesso em: fevereiro 2012.

_____. Lei nº 8.742 de 7 de dezembro de 1993. Dispõe sobre a organização da Assistência Social. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 08 dez.1993, p. 18769. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8742.htm>. Acesso em: fevereiro 2012.

_____. Lei nº 10.836 de 9 de janeiro de 2004. Cria o programa bolsa família. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 12 jan. 2004, p. 01. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.836.htm>. Acesso em: fevereiro 2012.

_____. Lei nº 12. 435 de 6 de julho de 2011. Altera a Lei nº 8.742 de 7 de dezembro de 1993 que dispõe sobre a organização da Assistência Social. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 07 jul. 2011. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2011/Lei/L12435.htm>. Acesso em: fevereiro 2012.

BRONZO, Carla; VEIGA, Laura da. Intersetorialidade e políticas da superação da pobreza: desafios para a prática. **Serviço Social e Sociedade**, São Paulo, n. 92, p. 05-21, nov., 2007.

DRAIBE, Sônia Miriam. As políticas sociais brasileiras: diagnóstico e perspectivas. In: INSTITUTO DE PLANEJAMENTO ECONÔMICO E SOCIAL; INSTITUTO DE PLANEJAMENTO (Org.). **Para a década de 90:** Prioridades e perspectivas das políticas públicas**.** Brasília**,** 1990, p. 1- 66. v. 4.

FARIAS, Pedro César Lima de. A seguridade social no Brasil e os obstáculos institucionais à sua implementação. **Cadernos ENAP**, Brasília, n. 11,1997.

INOJOSA, R. M. Sinergia em políticas e serviços públicos: desenvolvimento social com intersetorialidade. **Cadernos FUNDAP**, São Paulo, n. 22, p.102-110, 2001.

JUNQUEIRA, L.A.P. Novas Formas de Gestão na Saúde: descentralização e intersetorialidade. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 31-46, dez. 1997.

_____. Descentralização e intersetorialidade: a construção de um novo modelo de gestão municipal. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v.32, n. 2, p. 11-22, mar./abr. 1998.

JUNQUEIRA, L. A. P.; INOJOSA, Rose Marie; KOMATSU, Suely. Descentralização e Intersetorialidade na Gestão Pública Municipal no Brasil: a experiência de Fortaleza. In: CLAD (org.), **El Tránsito de la cultura burocratica al modelo de la gerencia publica: perspectivas, possibilidades y limitaciones**. Caracas, 1997, Disponível em: <http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/clad/unpan003743.pdf > Acesso em: fevereiro 2012.

MONNERAT, Giselle Lavinas. **Transferência condicionada de renda, saúde e intersetorialidade: lições do programa bolsa família**. 2009. 283 f. Tese (Doutorado) Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2009.

MONNERAT, Giselle Lavinas.; SOUZA, Rosimary Gonçalves. Da Seguridade Social à intersetorialidade: reflexões sobre a integração das políticas sociais no Brasil. **Katálysis**, Florianópolis, v. 14, n. 1, p. 41-49, jan./jun. 2011.

SOCHACZEWSKI, J. A ótica dos direitos humanos na política pública: possibilidades na avaliação. Revista Sodebras, volume 8, n. 89, maio 2013.

SPOSATI, Aldaíza. Especificidade e intersetorialidade da política da assistência social. **Serviço social e Sociedade**, São Paulo, n. 77, p. 31-62, mar. 2004

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

LÓGICA FUZZY E SÉRIES TEMPORAIS INTEGRADAS À TOMADA DE DECISÃO DE INVESTIMENTOS

IURY STEINER; JOÃO ANTONIO ZANNI PORTELLA, MARCO AURÉLIO PACHECO
PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO
iury@ele.puc-rio.br;jzanni@gmail.com

Resumo - A decisão de quanto investir em uma ação é uma tarefa complexa que envolve diversas ferramentas estatísticas. Este trabalho propõe combinar técnicas de Séries Temporais e de Lógica Fuzzy para ajudar um investidor na sua tomada de decisão. Foram utilizados os métodos AR e GARCH, respectivamente, para previsão das variáveis retorno e volatilidade. Depois, com base na previsão anterior (i.e., retorno e volatilidade), o investidor determina o seu investimento através de um Sistema de Inferência Fuzzy, para cada intervalo de tempo.

Palavras-chave: Finanças. Lógica Fuzzy. Investimento. Séries Temporais. GARCH.

I. INTRODUÇÃO

A literatura sobre a precificação de ativos financeiros é muito vasta e complexa. Neste contexto, muitos dos modelos utilizam diversas ferramentas estatísticas como, por exemplo, a análise de Séries Temporais financeiras (ver, por exemplo, [1] e [4]). Por outro lado, na prática, observamos vários especialistas do mercado financeiro (isto é, investidores ou operadores) tomarem decisões do tipo: se uma ação tem um Retorno *Alto* e Volatilidade *Baixa*, então o seu Investimento é *Muito Alto*. Em outras palavras, não é incomum, os operadores do mercado financeiro justificarem suas ações através de termos linguísticos. Por conseguinte, torna-se factível a realização de um estudo acerca do conhecimento subjetivo em Finanças.

Suponha um especialista do mercado financeiro com uma quantidade fixa de capital *K* para investir em uma determinada ação *x*, no instante de tempo *t* arbitrário, tal que *t= 1, 2, 3,....* Considere que o problema deste investidor seja determinar qual o valor de *K*, em termos percentuais, que ele vai utilizar para investir nesta mesma ação *x* no período seguinte, isto é, em *t+1*, para cada período *t*. O presente artigo propõe um modelo que combina essa abordagem estatística 'mais tradicional', com o conhecimento subjetivo presente no dia-a-dia destes especialistas, para resolver o Problema do Investidor. Em particular, são utilizadas as ferramentas *AR(1)* e *GARCH(1,1)* (ou seja, os modelos auto-regressivo de ordem 1 e heterocedasticidade condicional auto-regressiva generalizada de ordem (1,1)) de Séries Temporais, junto com as técnicas de Lógica Fuzzy, para determinar o valor do investimento, como percentual do capital, em uma determinada ação, ao longo do tempo.

O trabalho é dividido em seis seções. Na *Introdução* (ou seja, a primeira e atual seção), é explicada a motivação que originou este estudo, e um pequeno resumo do problema a ser investigado. A seção seguinte, *Preliminares*, estabelece-se uma pequena resenha dos modelos auto-regressivo e de heterocedasticidade condicional auto-regressiva generalizada, que serão utilizados no restante do material. Depois, na seção *O Problema do Investidor*, é definido o problema que estamos lidando, de maneira formal. As próximas duas seções, isto é, as *seções 4* e *5*, se referem ao modelo propriamente dito. Na primeira delas (ou seja, *Seção 4*) discutimos a metodologia adotada e as etapas do modelo. Ao passo que na outra (isto é, *Seção 5*), são analisados os resultados obtidos. Ali, comparamos os desempenhos do modelo com os de uma simulação, e, posteriormente, com os de um outro especialista. Para isso, são consideradas 1142 cotações diárias (de fechamento) das ações da Petrobrás e do Vale do Rio Doce, isto é, utilizaram-se as cotações diárias (de fechamento) da PETR3 e VALE3, desde 2006 até o dia 10 de Junho de 2011. Além disso, também é examinada a superfície de regras do modelo, para verificar se as regras extraídas estão bem definidas. Por fim, a seção 6 é a conclusão do artigo.

Em síntese, a modelagem proposta visa à integração de conhecimentos subjetivos e objetivos na precificação de ativos financeiros. Salienta-se que a metodologia proposta não é estática, ou seja, para cada intervalo de tempo *t*, o investidor toma a decisão de quanto investir, em termos percentuais do capital.

II. PRELIMINARES

Dedicamos o espaço, a seguir, a um breve resumo dos modelos *ARIMA* e *GARCH* de Séries Temporais. Chamamos a atenção de que este material tem apenas o intuito estabelecer as noções básicas e fundamentais que serão utilizadas no restante do trabalho. Sugerimos o leitor interessado consultar as referências [2], [4] e [5].

a) Modelos ARIMA

Um processo estocástico gaussiano estacionário de segunda ordem pode ser definido como uma família de variáveis aleatórias $\{Y_t, t \in N_+\}$ cujos momentos independem do tempo (isto é, são constates para todo instante *t*) e cuja distribuição de densidade de probabilidade é a normal, $Y_t \sim N(\mu, \sigma^2), \forall\ t\ \in N_+$.

Propostos inicialmente por BOX-JENKINS (1970), os modelos estatísticos lineares $S\square RIMA(p,d,q)x(P,D,Q)$ (ou ARIMA multiplicativo) realizam a representação de alguma variável aleatória (gaussiana e estacionária de

ISSN 1809-3957

segunda ordem), em algum instante t, em função de soma ponderada de componentes sazonais e auto-regressivas integrados de médias móveis, conforme descrito em (II-1).

$\phi_P(B)\,\Phi_P(B^S)\,\nabla^d\,\nabla_S^D\,Y_t = \theta_q(B)\,\Theta_Q(B^S)$	*(II-1)*

Sendo: $\nabla^d = (1-B)^d$, um operador diferença não sazonal de ordem d;
$\nabla_S^D = (1+B^S)^D$, um operador diferença sazonal de ordem D;
$\theta_q(B) = \left(1-\theta_1 B-\theta_2 B^2-\cdots-\theta_q B^q\right)$, um operador não sazonal de média móveis;
$\phi_P(B) - (1-\phi_1 B-\phi_2 B^2-\cdots-\phi_P B^P)$ um operador não sazonal auto-regressivo;
$\Phi_P(B^S) = (1-\Phi_1 B^S-\Phi_2 B^{2S}-\cdots-\Phi_P B^{PS})$ um operador sazonal auto-regressivo;
$\Theta_Q(B^S) = \left(1-\Theta_1 B^S-\Phi_2 B^{2S}-\cdots-\Phi_Q B^{QS}\right)$ um operador sazonal de média móveis e $\alpha_t \sim N(0,\sigma_a^2), \forall\, t \in \left\{N_+ \,/\, \{1\}\right\}$, isto é, um processo estocástico ruído branco.

De acordo com Hamilton (1984), os gráficos da ACF (*autocorrelation function*) e da PACF (*partial autocorrelation function*) possuem uma correspondência biunívoca com os índices não sazonais p, d e q (associados à parte simples do modelo) e com os índices sazonais P, D e Q (associados à parte sazonal do modelo). A estimação dos parâmetros ocorre mediante a condição de primeira ordem do logaritmo da função de verossimilhança dos ruídos do modelo amostral.

III. MODELOS HETEROCEDASTICIDADE CONDICIONAL AUTO-REGRESSIVA GENERALIZADA

Os modelos *ARCH* (auto-regressivos com heterocedasticidade condicional) foram introduzidos por ENGLE (1982), com o objetivo de estimar-se a variância da inflacionária. Tais modelos realizam o mapeamento no tempo da volatilidade em função do retorno quadrático. Um modelo $ARCH(r)$ é definido em (III-1).

$\begin{cases} Y_t = \mu_t + \sigma_t\varepsilon_t \\ Y_t = \mu_t + \sqrt{h_t}\varepsilon_t \\ h_t = \alpha_0 + \alpha_1 Y_{t-1}^2 + \cdots + \alpha_r Y_{t-r}^2 \end{cases}$	*(III-1)*

Sendo: μ_t, modelo *ARIMA* (que mapeia a média); σ_t, volatilidade; ε_t ponto da sequência de variáveis aleatórias independentes e identicamente distribuídas com média zero e variância um, ou seja, $\varepsilon_t \sim iid(0,1)$; e $\alpha_0 > 0$ e $\alpha_j > 0$, para $j > 0$.

BOLLERSLEV (1986) propôs a generalização dos modelos ARCH, nominado como *GARCH* (*ARCH* generalizado). Em suma, o modelo *GARCH* pode ser utilizado para o mapeamento da volatilidade no tempo com maior parcimônia que o *ARCH*. Um modelo $GARCH(r,s)$ é definido em (III-2).

$\begin{cases} Y_t = \mu_t + \sqrt{h_t}\varepsilon_t \\ h_t = \alpha_0 + \sum_{j=1}^{r} \alpha_j Y_{t-j}^2 + \sum_{i=1}^{s} \beta_i Y_{t-i}^2 \end{cases}$	*(III-2)*

Sendo: μ_t média no instante t; σ_t, volatilidade no instante t; $\varepsilon_t \sim iid(0,1)$; e $\alpha_0 > 0$, $\alpha_j \geq 0$, $\beta_i \geq 0$, $\sum_{i=1}^{q}(\alpha_i = \beta_i) < 1$ onde $q = \max(r,s)$. A estimação dos parâmetros dos modelos *ARCH* e *GARCH* ocorre mediante a condição de primeira ordem da função de verossimilhança dos resíduos ou por métodos numéricos, nos quais são utilizadas as métricas *AIC* (*Akaike Information Criterion*) ou *BIC* (*Bayesian Information Criterion*).

IV. O PROBLEMA DO INVESTIDOR

Suponha que um especialista do mercado financeiro (isto é, um investidor) tenha disponível uma quantidade de capital acumulado *K* para investir em uma determinada ação *x*. O operador do mercado financeiro tem como objetivo estabelecer qual será a porcentagem do seu capital acumulado, ou seja, o percentual de K, que será investido em *x* no próximo instante de tempo, para cada período. Em outras palavras, dado o preço da ação *x* no período t (tal que, t é um número natural) o investidor deseja determinar a quantia que irá investir em *x*, em termos percentuais do seu capital, no período $t+1$, para cada $T \in (o\ que\ é\ aqui?)$.

Com o intuito de tornar claro o problema, considere a situação hipotética ilustrada na tabela abaixo (Figura IV-1), cujo especialista tem 1000 reais para investir em uma determinada ação.

Período	Preço da Ação	Saída	Valor	Numero de Shares	Shares Compradas	Valor Comprado	Ganhos/Perdas	Capital Acumulado
1	44,06							1000
2	44,46	0,913942	913,94	20,55660231	20	881,2	8	1008
3	44,09	0,225744	227,55	5,162200218	5	222,3	-1,9	1006,1
4	44,09	0,104722	105,36	2,389668791	2	88,16	0,02	1006,12
5	44,08	0,897961	903,46	20,49584656	20	881,8	-0,2	1005,92
6	44,09	0,030402	30,58	0,69363006	0	0	0	1005,92
7	44,71	0,154629	155,54	3,478954034	3	132,27	1,86	1007,78
8	44,48	0,886804	893,70	20,09224388	20	894,2	-4,6	1003,18
9	44,84	0,163953	164,47	3,668024917	3	133,44	1,08	1004,26
10	44,79	0,915756	919,66	20,53264564	20	896,8	-1	1003,26
11	44,95	0,434325	435,74	9,693910859	9	403,11	1,44	1004,7
12	44,78	0,469051	471,26	10,52378842	10	449,5	-1,7	1003
13	44,05	0,22896	229,65	5,213333509	5	223,9	-3,65	999,35
14	44,13	0,102679	102,61	2,325219804	2	88,1	0,16	999,51
15	43,7	0,099405	99,36	2,273595288	2	88,26	-0,86	998,65
16	43,75	0,201755	201,48	4,60530932	4	174,8	0,2	998,85
17	43,46	0,926212	925,15	21,28731777	21	918,75	-6,09	992,76
18	42,81	0,31762	315,32	7,365574789	7	304,22	-4,55	988,21
19	42,65	0,239157	236,34	5,541326674	5	214,05	-0,8	987,41

Figura IV-1 - Exemplo

Antes de prosseguirmos com o exemplo, vamos explicar o significado de cada uma das colunas da Figura IV-1. As duas primeiras colunas representam o período de tempo cujo investidor toma sua decisão, e os preços da ação, respectivamente. Os valores referentes à *Saída* são as decisões do investidor, isto é, o percentual do capital acumulado a ser investido nesta ação no período seguinte. Como, aqui, a nossa preocupação é meramente ilustrativa, a tomada de decisão do especialista não foi embasada por nenhum modelo teórico. Equivalentemente, as entradas em Saída são formadas por variáveis aleatórias. A coluna de nome *Valor* é a quantia bruta de capital a ser alocada na ação. Em seguida, utilizamos à expressão $\frac{Valor_t}{Preço_t}$ para calcular o *Número de Shares*, para $t = 1,2,\ldots,19$. O número de ações, de fato, compradas e o valor gasto nas mesmas estão representados nas colunas *Shares Comprados* e *Valor Comprado*, respectivamente. Por exemplo, note que, para $t = 1$, o *Número de Shares* é aproximadamente 20,55. Ora, mas não é possível comprar 0,55 de uma ação. Portanto, o *Shares Comprados* será 20, o que equivale a 881,2 reais. Além disso, calculam-se os lucros ou perdas líquidas decorrentes de cada transação através da fórmula,

ISSN 1809-3957

$ValorComprado_t \times \left(\frac{Preço_t - Preço_{t-1}}{Preço_{t-1}}\right)$	*(IV-1)*

quantias estas que formam a coluna *Ganhos/Perdas*. Por fim, o *Capital Acumulado* são os valores obtidos somando-se os *Ganhos/Perdas* em t com o capital disponível em $t-1$.

Estabelecida à notação de cada coluna da Figura IV-1, voltemos ao exemplo. No primeiro período, o especialista observa o preço da ação em questão e decide o valor percentual dos 1000 reais que será investido nesta mesma ação em $t = 2$. Em particular, o investidor irá investir 913,94 reais do seu capital, no próximo instante. Daí, encerra-se o primeiro período e começa o segundo instante, onde o especialista compra o equivalente à 20 ações desta empresa. Em seguida, o operador analisa se sua transação foi lucrativa ou deficitária. Neste caso, o especialista conseguiu um lucro líquido de 8 reais, e, assim, ele tem um capital acumulado de 1008 no segundo período. Agora, o especialista vai repetir o mesmo procedimento do período anterior, para determinar qual a porcentagem destes 1008 que ele utilizará para investir nessa mesma ação em $t = 3$, e, assim, por diante.

As variáveis de entrada do problema são:

$P_{x,t}$ – o preço da ação, denotada por x, no período t;

$K_{x,t}$ - o capital acumulado que o investidor tem para investir na ação x, no período t;

,onde t é um número natural. Além disso, o problema tem uma única variável de saída é que o investimento, em termos percentuais de $K_{x,t}$, que o especialista irá aplicar na ação x no instante $t+1$, cuja notação é $I_{x,t+1}$.

V. O MODELO

O modelo se propõe a combinar as ferramentas de Séries Temporais com as de Lógica Fuzzy. Especialistas apontaram o *Retorno* e a *Volatilidade* de uma ação como variáveis importantes na tomada de decisão. Como o output do Problema do Investidor é o percentual do capital a ser investido na ação no período seguinte, é natural que o especialista considere o *Retorno* e a *Volatilidade* previstos um passo a frente para a tomada de decisão. Daí, utilizamos dois modelos de Séries Temporais para prever ambas variáveis um passo a frente, no caso os modelos *auto-regressivo de ordem 1* e de *heterocedasticidade condicional auto-regressivo generalizado de ordem* (1,1). Em seguida, aplicamos um Sistema de Inferência Fuzzy, onde as entradas são as variáveis previstas pelos modelos citados na frase anterior (isto é, $AR(1)$ e $GARCH(1,1)$).

O modelo é dividido em quatro etapas: $AR(1)$ e $GARCH(1,1)$; determinar os conjuntos fuzzy para as variáveis de entrada e para a variável de saída; estabelecer o banco de regras; *defuzzificação*. O restante desta seção é dedicado a explicar cada um destes passos.

a) Primeira Etapa – ARIMA e GARCH

Suponha que um investidor deseja investir seu capital K em uma ação x. Note que a decisão do especialista baseia-se no *Retorno* e na *Volatilidade* de x, e não no seu preço nominal. Então, dado o preço da ação x, a primeira etapa é calcular o *Retorno* e a *Volatilidade* de x. Além disso, conforme já frisado, o especialista tem como objetivo determinar o investimento, em termos percentuais do capital, a ser realizado em x no período seguinte, para cada instante. Portanto, o investidor irá utilizar as variáveis *Retorno* e *Volatilidade* previstas um passo a frente, para tomar sua decisão.

Suponha que $P_{x,t}$ seja dado, onde $P_{x,t}$ é o preço da ação x no período t arbitrário (lembre da notação estabelecida na *Seção IV.*). Estimando-se o modelo $AR(1)$ - ou seja, o modelo auto-regressivo de ordem 1 - obtém-se a previsão do Retorno em $t+1$. A equação **Error! Reference source not found.** expressa a fórmula do $AR(1)$,

$r_{x,t+1} = \phi_1 \times r_{x,t} + \varepsilon_t$	*(V-1)*

onde

$r_{x,t+1} = \ln\left(\frac{P_{x,t}}{P_{x,t-1}}\right)$ denota o retorno da ação *x,* no período t.

Por outro lado, utiliza-se o modelo $GARCH(1,1)$, ou seja, o modelo heterocedasticidade condicional auto-regressiva generalizada de ordem $(1,1)$ - para previsão da volatilidade da ação no instante $t+1$, como mostra a equação (V-2),

$\sigma_{t+1}^2 = \alpha_1 \sigma_t^2 + \lambda_1 \varepsilon_t^2$	*(V-2)*

A estimação de ambos os modelos, ou seja, $AR(1)$ e $GARCH\ (1,1)$, foi feita pelo software Matlab.

O gráfico abaixo (isto é, Figura V-1), feito no Matlab, mostra o *Retorno* e a *Volatilidade* previstos um passo a frente para 200 cotações da Petrobrás (ou PETR3) minuto a minuto.

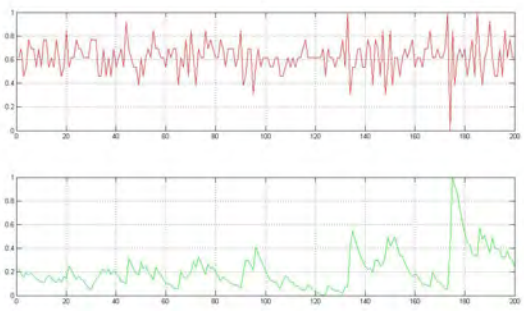


Figura V-1 – Retorno e Volatilidade Previstos

A curva referente ao gráfico superior simboliza o *Retorno Previsto*, ao passo que a outra (isto é, a curva referente ao gráfico debaixo) representa a *Volatilidade Prevista*.

b) Segunda Etapa – Conjuntos *Fuzzy*

As próximas etapas constituem o Sistema de Inferência Fuzzy, cujas entradas são as previsões obtidas na etapa anterior (ou seja, o *Retorno* e a *Volatilidade* previstos um passo a frente).

Lembre que, definimos um subconjunto A do Universo X como conjunto *fuzzy*, se A é definido por uma função de pertinência $\mu_A: X \to [0,1]$. O subconjunto A pode ser denotado pela equação (V-3)

$A = \{\mu_A(x)\} \mid x$	*(V-3)*

ISSN 1809-3957

isto é, o subconjunto A é representado por um conjunto de pares ordenados, onde x é um elemento arbitrário do Universo X.

Para cada uma das variáveis de entrada foram estabelecidos cinco conjuntos *fuzzy*: muito baixo; baixo; médio; alto; e muito alto, como mostram as figuras abaixo.

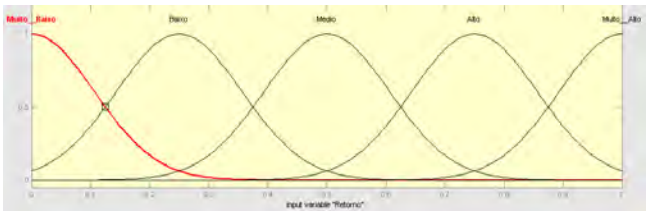


Figura V-2 - Conjuntos *Fuzzy* para a variável de entrada *Retorno*

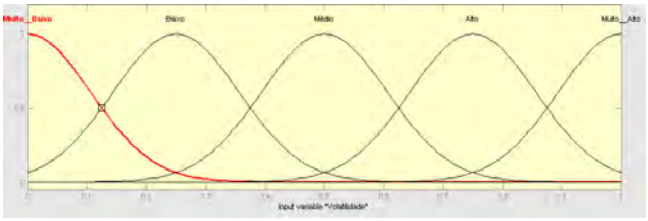


Figura V-3 - Conjuntos *Fuzzy* para a variável de entrada *Volatilidade*

Analogamente, também foram definidos cinco conjuntos *fuzzy* para a variável de saída Investimento em termos percentuais (ver Figura V-4): muito baixo; baixo; médio; alto; muito alto.

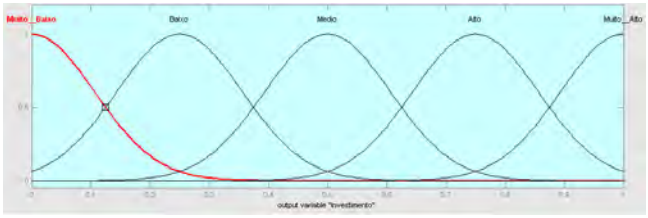


Figura V-4 - Conjuntos *Fuzzy* para a variável de saída Investimento

Vale frisar que o formato dos conjuntos fuzzy de entrada e saída são aleatórios, isto é, nenhum algoritmo determinou que o formato devesse ser do tipo gaussiano.

c) Terceira Etapa – Regras

Três especialistas do mercado financeiro forneceram um conjunto de 25 regras. As regras são extraídas em forma de sentenças linguísticas do tipo *se...então*. Aqui, a intenção é procurar estabelecer os critérios que relacionam as variáveis de entrada com a variável de saída.

vol \ ret	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Muito Baixo	Baixo	Baixo	Muito Alto	Muito Alto	Muito Alto
Baixo	Muito Baixo	Baixo	Alto	Muito Alto	Muito Alto
Médio	Muito Baixo	Muito Baixo	Baixo	Médio	Médio
Alto	Muito Baixo	Muito Baixo	Muito Baixo	Baixo	Baixo
Muito Alto	Muito Baixo	Muito Baixo	Muito Baixo	Muito Baixo	Muito Baixo

Figura V-5 – Base de Regras

A matriz acima (isto é, a Figura V-5**Error! Reference source not found.**) ilustra a base de regras, isto é, o conjunto de todas as regras determinadas. As entradas localizadas na extremidade esquerda da matriz são os valores assumidos pela variável *Volatilidade* (ou seja, as entradas abaixo do termo *vol*). Analogamente, as entradas situadas na parte horizontal superior representam os conjuntos *fuzzy* da variável *Retorno* (isto é, as entradas ao lado do termo *ret*). Cada uma das entradas restantes representa uma regra extraída dos especialistas. Por exemplo, suponha que desejemos saber qual a regra referente à volatilidade média e retorno alto. Então, procuramos à entrada *Médio* abaixo de *vol*, e a entrada *Alto* ao lado de *ret*. Neste caso, encontramos o termo *Médio*. Portanto, fica estabelecida a seguinte regra: *se Volatilidade é Média e Retorno é Alto, então Investimento é Médio*. Note que o banco de regras só pôde ser representado por uma matriz, pois estamos lidando com apenas duas variáveis de entrada.

d) 4.4 Última Etapa – *Defuzzificação*

Neste estágio é feita a interpretação precisa das saídas. Em particular, a interpretação de cada saída deste Sistema de Inferência Fuzzy é o valor do capital em termos percentuais que o especialista irá investir em uma determinada ação no próximo instante. Por exemplo, considere a Figura V-6.

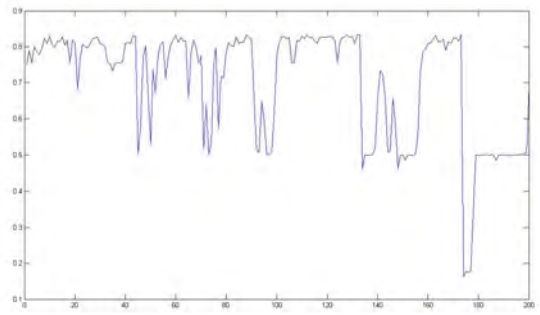


Figura V-6 - Saída do Sistema de Inferência Fuzzy

Ela representa as saídas do Sistema de Inferência Fuzzy para 200 cotações da ação da Petrobrás (ou PETR3) minuto a minuto, as mesmas utilizadas no exemplo da figura 4.1. Agora, tome o vigésimo minuto, ou seja, □ = 20. Neste instante de tempo (isto é, em $t = 20$), a saída obtida é aproximadamente 0.7. Em outras palavras, o especialista deve investir aproximadamente 70% do seu capital acumulado na PETR3 no minuto 21.

Existem vários métodos de *defuzzificação*, dentre os mais comuns estão a *Média dos Máximos* e o *Centróide*, para uma análise mais detalhada sobre estes métodos, ver, por exemplo, [6]. Em particular, uma das características do *Centróide* é levar em consideração todas as contribuições das regras ativadas, por isso, utilizamos este método de *defuzzificação* no modelo.

Por fim, apresentamos um exemplo do modelo como um todo, ver Figura V-7.

ISSN 1809-3957

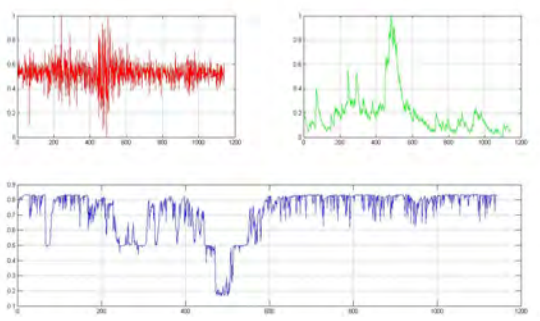


Figura V-7 – Output

Neste exemplo foram consideradas 1142 cotações diárias (de fechamento) da ação da Petrobrás. Em seguida, foram obtidos o *Retorno* e a *Volatilidade* previstos um passo a frente, para cada um destes preços, ambos representados pelos gráficos na parte superior da figura 4.7 (à esquerda encontram-se os *Retornos* previstos, ao passo que a direita as *Volatilidades* previstas). Depois, as variáveis previstas são utilizadas como entradas no Sistema de Inferência Fuzzy descrito anteriormente. A parte debaixo da figura 4.7 é o output do modelo, isto é, cada ponto dessa curva é o investimento, em termos percentuais, que o especialista deve realizar na ação PETR3 no próximo período. Equivalentemente, o output do modelo pode ser interpretado como o fluxo de investido do especialista na ação PETR3, ao longo do tempo.

VI. RESULTADOS

O objetivo desta seção é verificar se as regras extraídas dos especialistas estão bem definidas. Para isso, vamos comparar os resultados do modelo proposto com os de uma simulação.

Considere um especialista que enfrenta o mesmo problema que o nosso, isto é, dado o preço de uma ação x no período t, o investidor quer estabelecer qual o valor do seu capital em termos percentuais que será alocado em x no período $t+1$, para cada período t. Entretanto, ao contrário do modelo apresentado, aqui, a tomada de decisão do investidor com relação ao investimento é arbitrária. Por exemplo, um especialista acorda e aloca 40% do seu capital em uma ação x, pois o clima está agradável. Agora, considere 500 especialistas que tomam sua decisão de maneira aleatória, e simule os resultados encontrados para os mesmos. A média destes resultados obtidos pode ser interpretada como uma estratégia de mercado. Portanto, nesta seção vamos comparar os resultados de um especialista que utiliza o modelo proposto vis-à-vis os de um investidor que segue a estratégia da simulação (isto é, um especialista que toma suas decisões de maneira aleatória).

Antes de prosseguirmos, alguém pode argumentar que esta não é a melhor comparação a ser feita. De fato, o ideal seria analisar o desempenho do modelo com a performance de um 'broker' (ou seja, um operador do mercado financeiro). No entanto, por questões de sigilo, tais dados não foram disponíveis. Por outro lado, o especialista da simulação pode ser interpretado como um 'homebroker' (ou seja, uma pessoa que opera na bolsa de valores através de uma corretora on-line) que não tem experiência no mercado financeiro, o que não é tão incomum. Com efeito, com o crescimento do mercado financeiro, o número de pessoas que utilizam os serviços de corretoras on-line cresceu bastante nos últimos anos. De modo que, muitos destes 'homebrokers' não têm a bagagem teórica necessária para gerir seus próprios investimentos. Logo, podemos considerar o especialista da simulação como sendo uma pessoa que investe no mercado financeiro, porém não tem o conhecimento para tanto. Equivalentemente, apesar da estratégia da simulação não ser a mais apropriada, mesmo assim, ela pode ser considerada importante em termos de comparação. Daqui em diante, denotaremos o especialista que utiliza as estratégias da simulação por *especialista aleatório*, e o investidor que utiliza o modelo proposto por *especialista fuzzy*.

Foram consideradas 3 situações: na primeira, o modelo confronta a simulação para as cotações da ação Petrobrás (ou PETR3); depois, realizamos o mesmo procedimento, só que para ações da Vale do Rio Doce (ou VALE3); por último, incorporamos um terceiro especialista (a ser definido posteriormente). Em cada uma destas comparações, cada um dos especialistas (isto é, os especialistas *aleatório* e *fuzzy*) recebem ambos a quantia inicial de 1000 reais. Os capitais acumulados pelos especialistas ao longo do tempo são os parâmetros utilizados para a avaliação dos modelos. Em outras palavras, o modelo tem uma performance melhor do que a simulação (ou vice-versa), se o especialista *fuzzy* (*aleatório*) acumular mais capital do que no outro caso. Além disso, os dados utilizados nesta comparação correspondem às cotações diárias da PETR3 e da VALE3 desde 2006 até 10 de Junho de 2011. Vale frisar que foram consideradas duas ações distintas. Assim, quaisquer diferenças encontradas entre o modelo e a simulação se devem as características do primeiro (ou seja, do modelo) e não dos valores de uma ação específica.

a) Primeira Comparação

Agora, vamos estabelecer as diferenças entre os especialistas *fuzzy* e *aleatório*, para 1142 cotações diárias da PETR3, tais preços estão ilustrados no gráfico a seguir (Figura VI-1).

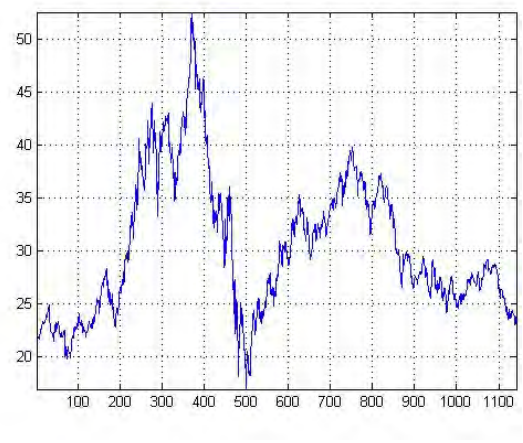


Figura VI-1 – Preços Petrobrás

A Figura VI-2 (ou seja, no gráfico a seguir) representa a comparação entre os dois especialistas. Nos períodos iniciais os resultados referentes ao modelo são bem próximos aos da simulação.

ISSN 1809-3957

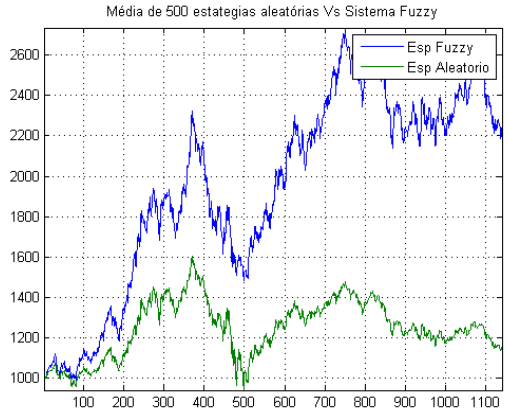


Figura VI-2 - Modelo X Simulação - Petrobrás

Apesar disso, o especialista *fuzzy* sempre conseguiu um desempenho melhor. À medida que o horizonte de tempo aumenta, podemos notar que a diferença entre os resultados amplia. Em outras palavras, o especialista *fuzzy* obtém uma performance substancialmente melhor do que aquele o especialista *aleatório*. O acúmulo de capital, mesmo os de menor porte no início, proporciona o especialista *fuzzy* investir cada vez, gerando ganhos cada vez maiores, justificando, assim, a disparidade encontrada.

b) Segunda Comparação

Na segunda comparação, vamos considerar as cotações (de fechamento) da VALE3, desde 2006 até o dia 10 de Junho de 2011 (isto é, o mesmo número de dados da ação PETR3 analisada na seção anterior – Seção 5.1). Analogamente, ao caso anterior (ou seja, analogamente a Seção VI. a)), os resultados do modelo proposto tiveram um desempenho melhor do que aqueles obtidos pela simulação.

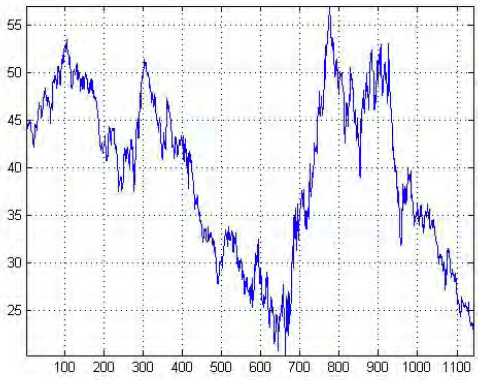


Figura VI-3 - Cotações da Vale

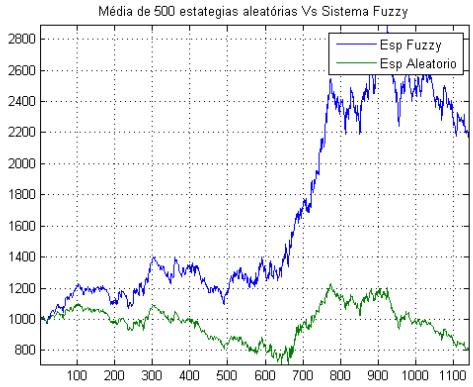


Figura VI-4 - Modelo X Simulação Vale

Além disso, ao final do período, o especialista *aleatório*, perdeu aproximadamente 200 reais. Por outro lado, o investidor que utilizou a estratégia do modelo proposto obteve um lucro de 1200 reais. Dito de outra maneira, para a ação da Vale do Rio Doce, a disparidade entre os dois resultados é ainda maior, se comparada à ação da Petrobrás.

c) Terceira Comparação

No início da *Seção Resultados*, colocamos em evidência o papel das comparações. Em particular, as mesmas têm o intuito de verificar se as regras extraídas dos especialistas estavam bem definidas. Para cumprir tal objetivo, construímos uma simulação, onde o especialista investe em uma determinada ação de maneira aleatória. Além disso, estabelecemos que este investidor pode ser interpretado como um 'homebroker' sem a experiência necessária para gerir seus investimentos. Resumindo: aqui, estamos comparando os resultados do modelo com os de uma pessoa que investe no mercado financeiro sem nenhum embasamento teórico.

Por outro lado, existe um outro tipo de especialista que também satisfaz as hipóteses necessárias, em termos da comparação desejada. Equivalentemente, existe um investidor que não toma suas decisões de maneira aleatória, mas que também não possui a experiência necessária para gerir seus próprios investimentos. Suponha um especialista que quer resolver o mesmo problema que o nosso. Porém, agora, considere que ele não realiza nenhum tipo de operação ao longo do tempo. Por exemplo, um investidor compra ações do Banco do Brasil, não realiza nenhuma movimentação financeira, e depois vende a ação. Assim, como no caso do *especialista aleatório*, não é incomum observarmos esta prática na vida real. De fato, podemos notar cada vez mais pessoas preterindo investimentos mais 'tradicionais' (como fundo DI, caderneta de poupança ou títulos de renda fixa) ao mercado financeiro, pois este último tem apresentado marcas expressivas. Assim, estes investidores pegam à quantia que iriam alocar nestes títulos 'mais tradicionais' e os aplicam em uma ação 'segura' (por exemplo, Banco do Brasil, OI, TIM, Vale, Petrobrás, dentre outras). Daqui em diante, vamos denotar este especialista por *especialista sem estratégia.*

Daí considere um *especialista sem estratégia* que compra a quantia equivalente a 1000 reais em cada uma das seguintes ações: PETR3; e VALE3 (ou seja, o investidor compra 1000 reais de Petrobrás e 1000 reais de Vale do Rio

ISSN 1809-3957

Doce). Em particular, este investidor realiza esta operação no início de 2006, não faz mais nenhum tipo de transação, e verifica seus lucros ao final do dia 10 de Junho de 2011. A figura 5.4, compara os resultados obtidos por este especialista, com os especialistas *fuzzy* e *aleatório*.

Figura VI-5

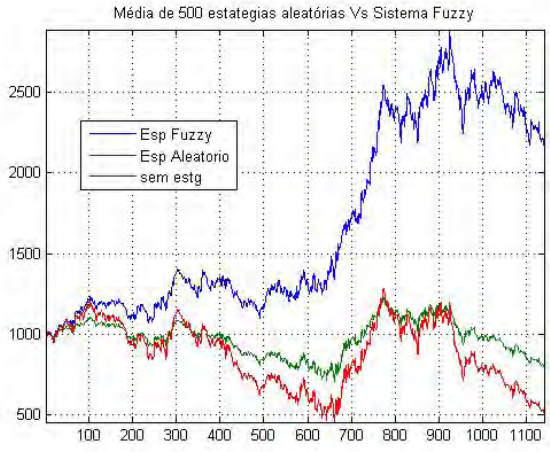


Figura VI-6

Assim, como nos outros dois casos (isto é, Seções VI. a) e VI. b)) o *especialista fuzzy* apresenta um desempenho melhor do que os outros dois especialistas. O gráfico do lado esquerdo representa os resultados para a ação PETR3, ao passo que o lado direito à ação VALE3. Note que não é tão trivial compararmos os resultados da simulação com os do *especialista aleatório*. Com efeito, para a ação PETR3 o especialista da simulação só apresenta resultados melhor nos últimos períodos. Já, na VALE3, em quase todo período, os resultados do *especialista aleatório* são melhores do que os do *especialista sem estratégia*. Logo, por causa dessas oscilações, não se pode apontar qual a melhor estratégia, dentre estas duas (isto é, aleatória ou sem transações).

d) A Superfície de Regras

A superfície de regras é uma outra maneira de averiguar se as regras estão bem definidas. Esta forma geométrica possibilita visualizar os efeitos que as regras têm sobre as entradas e saída do sistema.

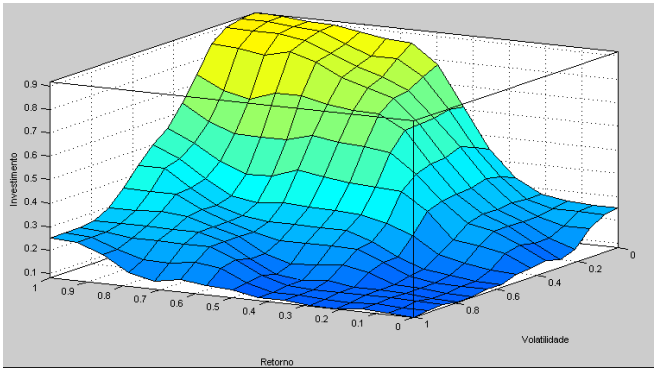


Figura VI-7 – Superfície de Regras

A figura tridimensional acima (isto é, a Figura VI-7) mostra que a superfície de regras para o nosso modelo. Em particular, a superfície representa o comportamento das variáveis Retorno e Volatilidade previstos, e Investimento, para o conjunto de regras extraídas dos especialistas. Note que a Volatilidade tem um impacto negativo sob o Investimento, enquanto o Retorno possui um efeito positivo. Portanto, o formato da superfície está de acordo com o esperado. Equivalentemente, o gráfico acima determina que as regras estabelecidas a partir dos especialistas estão bem definidas.

VII. CONCLUSÃO

No presente trabalho, propomos um modelo que combinasse as ferramentas de Séries Temporais com as de Lógica Fuzzy, para a tomada de decisão em Finanças. Nele, os especialistas decidem qual o valor percentual do seu capital acumulado será investido em uma determinada ação no período seguinte, com base no *Retorno* e *Volatilidade* previstos um passo a frente. Os modelos *Auto-Regressivo de ordem 1* e *Heterocedasticidade Condicional Auto-Regressiva Generalizada de ordem (1,1)* foram utilizados para a previsão das variáveis *Retorno* e *Volatilidade*. Depois, obtiveram-se as saídas do modelo através de um Sistema de Inferência Fuzzy, onde as variáveis previstas um passo a frente (isto é, *Retorno* e *Volatilidade*) foram às entradas do Sistema Fuzzy.

Dadas 1142 cotações diárias das ações Petrobrás e Vale do Rio Doce, e considerado um capital inicial de 1000 reais, o modelo obteve um lucro de aproximadamente 1200 e 1400 reais, respectivamente. Além disso, neste caso especificamente, o custo computacional necessário para incorporar tais variáveis apresentou-se muito baixo. Por fim, para as mesmas 1142 cotações diárias da PETR3 e VALE3, foram comparados os resultados do modelo com os de outras duas estratégias: um especialista que toma suas decisões de maneira aleatória; e um investidor que não mexe em seu dinheiro, ao longo destes cinco anos e meio, aproximadamente. Para ambos os casos, o modelo conseguiu um desempenho superior, não apenas ao final dos 1142 períodos, mas como também para cada um dos períodos individualmente, fora raras exceções. Portanto, os resultados do modelo apontaram que o uso de termos lingüísticos na modelagem financeira pode trazer benefícios expressivos para esta área.

ISSN 1809-3957

VIII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1]. ENDERS, W. (2004). **Applied Econometric Time Series (Second Edition).** Ed. Wiley: Wiley Series in Probability and Statistics, 2004

[2]. HAMILTON, J. (1994). **Time Series Analysis**. Princeton University Press, 1994.

[3]. MENDEL, J.M. (1995). **Fuzzy Logic Systems for Engineering: A Tutorial.** Proc. IEEE, Vol. 83: 345-377.

[4]. PYNDICK, R. & RUBINFELD, D. (2004). **Econometria Modelos & Previsões (Segunda Edição).** Ed. Campus, 2004.

[5]. SOUZA, R.C. & CAMARGO, M.E. (2004). **Análise e Previsão de Séries Temporais: Os Modelos ARIMA**. Ijuí: SEDIGRAF, 1996.

[6]. TANSCHEIT, R. **Sistemas Fuzzy**. DEE-PUC-Rio

IX. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

MÁQUINA SÍNCRONA MODELADA EM ESPAÇO DE ESTADOS: UM CASO REAL

CLÁUDIO HOMERO FERREIRA DA SILVA[1], LUIZ RENATO GOMES[2]
1 – CEMIG GERAÇÃO E TRANSIMISSÃO SA; 2 – LUIZ RENATO GOMES-ME
chomero@cemig.com.br

Resumo - O presente artigo tem por finalidade apresentar o uso do conceito de espaço de estado no sentido de resolver os problemas advindos do estudo de modelos dentro da área de sistemas elétricos de potência utilizando-se de recursos da teoria elementar de variáveis de estado aplicada à UHE Emborcação (4 x 303 MW). A UHE Emborcação foi escolhida para a realização dos estudos de desempenho de estabilidade sendo que várias condições foram simuladas sempre a partir da modelagem no espaço de estado. Os resultados demonstram a aplicabilidade e adequação do modelo à representação real.

Palavras-chave: Controle Automático de Geração. Espaço de Estados. Modelagem de Máquinas Rotativas.

I. INTRODUÇÃO

As máquinas síncronas que compreendem a grande maioria do conjunto dos geradores elétricos encontrados no sistema elétrico de potência utilizam complexos sistemas de controle automático tanto de velocidade quanto de excitação.

Empregam-se unidades eletrônico-hidráulicas para controle da potência ativa gerada pela turbina e unidades estáticas e sistemas automáticos de controle da corrente de excitação a base de tiristores (*Silicon Controlled Rectifiers*) para controle da tensão terminal de saída da máquina elétrica.

Os dispositivos de controle evoluíram até os dias de hoje para controladores digitais com programas específicos e dedicados, porém a análise da estabilidade operativa continua desafiando engenheiros e técnicos da área que vivem o dia-a-dia desses sistemas cada vez mais complexos.

A questão da representação em modelos cada vez mais próximos da realidade não pode ser desprezada e a confiabilidade operativa passa a exigir estudos mais elaborados.

A utilização da teoria das varáveis de estado dentro do plano de estado do processo de modelagem é uma ferramenta ligada à área de controle automático de sistemas e processos de que não se pode prescindir.

Segundo a referência [1], as variáveis de estado de um sistema são definidas como sendo o menor conjunto de variáveis $x_1(t)$, $x_2(t)$,..., $x_n(t)$ tal que o simples conhecimento destas variáveis, num determinado tempo t_0, somado às informações relativas às entradas de excitação, que são aplicadas a este mesmo sistema, são suficientes para determinar o estado do sistema num tempo qualquer $t > t_0$.

Deste modo, uma variável de estado fica então definida como uma função **x**: R → R ou **x**: C → C onde R e C representam, respectivamente, o campo dos números reais e o campo dos números complexos. A variável real relativa ao domínio da função variável de estado será sempre o tempo.

No presente trabalho, a proposta é apresentar o modelo completo da planta eletromecânica da UHE Emborcação (4 x 303 MW) não dentro do escopo da teoria clássica de controle e sim dentro do escopo da teoria do espaço de estado ou plano de estado com a utilização do conceito e aplicação das variáveis de estado.

Na seção 2 é apresentado um breve histórico do desenvolvimento deste trabalho. A seção 3 descreve a modelagem de máquinas síncronas e o desenvolvimento da modelagem em espaço de estados. A Seção 4 apresenta os resultados de simulação e discussão. Na Seção 5 são feitas as considerações finais e encerrando o artigo encontram-se as referências bibliográficas utilizadas.

II. HISTÓRICO

Após a entrada em operação do conjunto hidrelétrico de Itaipu (18 x 725 MW) , seguida da ampliação da malha de transmissão do sudeste brasileiro, problemas ligados a baixos amortecimentos associados aos principais órgãos controladores como reguladores de velocidade e de tensão acabaram exigindo, por parte das empresas concessionárias de energia, um trabalho de revisão na filosofia de ajustes tanto dos controladores automáticos quanto dos sistemas de proteção de suas principais instalações .

Contingências associadas à perda de *links* de corrente contínua (CC) de Itaipu, caracterizando perda de grande bloco de geração, trouxeram grandes desligamentos motivados, muitas vezes, por uma incompatibilidade operativa entre os diferentes órgãos de controle.

Efeitos de sobretensão bem como de sobrefrequência eram observados quando grandes blocos de cargas eram desconectados e efeitos de subfrequência eram observados quando da perda do bloco de geração de Itaipu ou quando uma linha de interligação era desligada pela proteção; referência [2].

A partir de estudos de simulação, efeitos de sobretensão acompanhados de efeitos de subfrequência, foram detectados quando ocorrências como a abertura do *link* CC de Itaipu vinham seguidas da atuação da proteção tipo *Load Shedding* com corte de cargas.

Em setembro de 1994, após uma ocorrência caracterizada pela perda de um grande bloco de geração de Itaipu, aproximadamente 4.500 MW, seguida de desligamentos de algumas linhas de interligação na região sudeste, máquinas das UHEs Emborcação (4 x 303 MW) e São Simão (6 x 285 MW), ambas da CEMIG, receberam

ISSN 1809-3957

comando de desligamento tendo havido, no caso específico de Emborcação, atuação dos grupos de proteção e regulação.

Após a execução dos trabalhos com a modificação dos ajustes originalmente implantados desde a época do comissionamento, a usina de Emborcação passou a responder de maneira satisfatória a uma segunda ocorrência muito semelhante à primeira [3].

É importante lembrar que alterações em dispositivos de proteção de máquinas elétricas, principalmente máquinas de grande porte, requerem consultas tanto aos projetistas quanto aos fabricantes visto que modificações sem critério poderão trazer solicitações além dos limites estipulados pelo projeto com consequentes danos ao equipamento.

Sabendo-se que os ajustes deixados nos órgãos de controle automático foram considerados satisfatórios, tais valores foram tomados como referência para efeito de comparação junto àqueles valores obtidos através dos estudos de simulação que se deram a partir desse trabalho atual. Como observação, vale lembrar que durante os trabalhos iniciais de ajustes o critério adotado foi baseado em métodos da teoria clássica do controle automático.

III. MODELO CLÁSSICO

Na Figura 1 é mostrado o diagrama de blocos em função de transferência do processo completo. Na Tabela 1 são identificadas as variáveis descritas no modelo clássico.

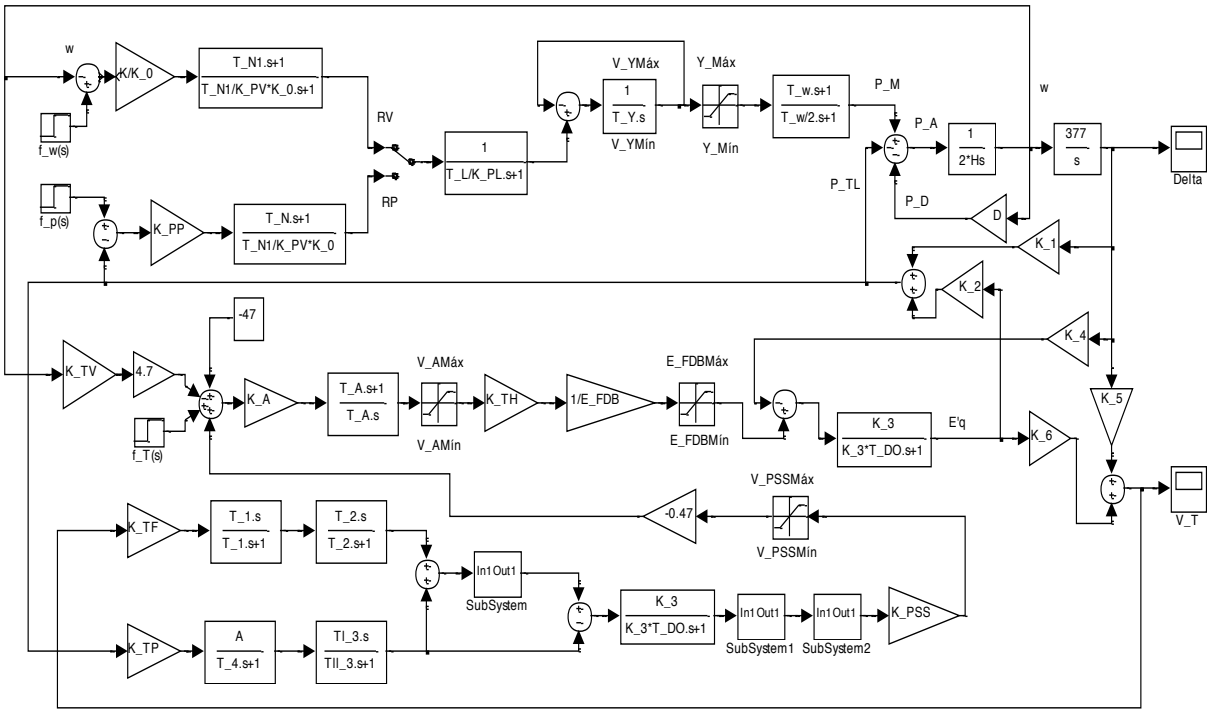


Figura 1. Diagrama de blocos completo em Função de Transferência para o Modelo Clássico da máquina síncrona

TABELA 1: VARIÁVEIS USADAS NA MODELAGEM

VARIÁVEL	NOMENCLATURA
ζ	Variação de carga local em potência elétrica em pu
$\Delta\delta$	Ângulo de potência em rad
$\Delta\omega$	Velocidade em pu
ΔY	Curso do distribuidor em pu
ΔP_E	Potência ativa elétrica em pu
ΔP_M	Potência mecânica em pu
ΔP_{TL}	Potência elétrica na LT em pu
ΔP_D	Potência elétrica amortecimento da carga em pu
ΔP_A	Potência acelerante [$\Delta P_A = \Delta P_M - \Delta P_E$] em pu
ΔV_T	Tensão terminal em pu
ΔV_{PSS}	Tensão de saída do PSS em V
s	Operador Laplace [Variável complexa] em s^{-1}
$f_v(s)$	Função singular de entrada na cadeia do RV em pu
$f_p(s)$	Função singular de entrada na cadeia do RP em pu
$f_T(s)$	Função singular de entrada na cadeia do RT em pu
$f_d(s)$	Função singular de entrada de carga ou perturbação em pu
RV	Regulador de Velocidade
RP	Regulador de Potência
RT	Regulador de Tensão
PSS	*Power System Stabilyzer*
E'_q	FEM
K	Constante de proporcionalidade em V/V
K_0	Constante de proporcionalidade em V/V
T_{N1}	Constante de tempo do estatismo transitório [RV] em s
K_{PV}	Constante de proporcionalidade da malha do RV em V/V
T_N	Constante de tempo de integração da malha do RP em s
K_{PP}	Constante de proporcionalidade da malha do RP em V/V
K_{PF}	Constante relativa ao estatismo permanente do RP em **V/pu**
T_L	Constante de tempo de integração da válvula proporcional em s
K_{PL}	Ganho de canal direto da válvula proporcional em V/V
T_Y	Constante de tempo de integração do servomotor principal em s
$V_{YMáx}$	Velocidade máxima do servomotor principal, sentido abertura em pu/s
$V_{YMín}$	Velocidade máxima do servomotor principal, sentido fechamento em pu/s
$Y_{Máx}$	Abertura máxima do servomotor principal
$Y_{Mín}$	Abertura mínima do servomotor principal
T_w	Constante de tempo relativa à inércia da água na tubulação em s
H	Constante de tempo relativa à inércia do conjunto girante em s

ISSN 1809-3957

K_{TV}	Ganho do transdutor de tensão em V/pu
$V_{AMáx}$	Tensão máxima de saída do RT em V
V_{AMin}	Tensão mínima de saída do RT em V
K_{TH}	Ganho do canal direto da ponte de tiristores em V/V
$V_{PSSMáx}$	Tensão máxima de saída do PSS em V
V_{PSSMin}	Tensão mínima de saída do PSS em V
K_{PSS}	Ganho de saída do PSS em V/V
T_5	Constante de tempo de avanço do filtro rastreador em s
T_6	Constante de tempo de atraso do filtro rastreador em s
T_2	Constante de tempo do 2º reset do PSS em s
T_1	Constante de tempo do 1º reset do PSS em s
K_{TF}	Ganho do transdutor de freqüência do PSS em V/pu
K_{TP}	Ganho do transdutor de potência do PSS em V/pu
A	Constante de inércia calculada
T_4	Constante de tempo do filtro de entrada em s
T'_3	Constante de tempo de avanço
T''_3	Constante de tempo de atraso
T_7	Constante de tempo de avanço do PSS – 1º bloco
T_8	Constante de tempo de atraso do PSS – 1º bloco
T_9	Constante de tempo de atraso do PSS – 1º bloco
T_{10}	Constante de tempo de avanço do PSS – 2º bloco
T_{11}	Constante de tempo de atraso do PSS – 2º bloco
T_{12}	Constante de tempo de atraso do PSS – 2º bloco
U(1)	Variável de entrada externa para o regulador da turbina (Velocidade e potência)
U(2)	Variável de entrada externa para o regulador de tensão
d	Variável de entrada externa para a perturbação
V(1),...,V(33)	Variáveis auxiliares referentes à saídas dos somadores no diagrama de blocos decompostos
S(1),...,S(21)	Variáveis de estado do modelo
E(1),..., E(21)	Variáveis inerentes às entradas das variáveis de estado (Integradores)
Y_1	ΔY – Curso do distribuidor em pu
Y_2	Δω - Velocidade em pu
Y_3	Δδ - Ângulo de potência em graus elétricos
Y_4	E'_q – FEM em pu
Y_5	ΔP_M – Potência mecânica em pu
Y_6	ΔP_E – Potência ativa elétrica em pu
Y_7	ΔV_T – Tensão terminal em pu
Y_8	ΔV_{PSS} – Tensão do PSS em V
K_A	Ganho do canal direto do RT em V/V
T_A	Constante de tempo de integração do RT em s

IV. DESENVOLVIMENTO DO MODELO EM ESPAÇO DE ESTADOS

Partindo do modelo clássico, e por manipulação algébrica das funções de transferência, chega-se ao modelo em espaço de estados que encontra-se definido na Equação 01 [4].

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{Ax} + \mathbf{Bu} \qquad \mathbf{y} = \mathbf{Cx} + \mathbf{Du} \tag{01}$$

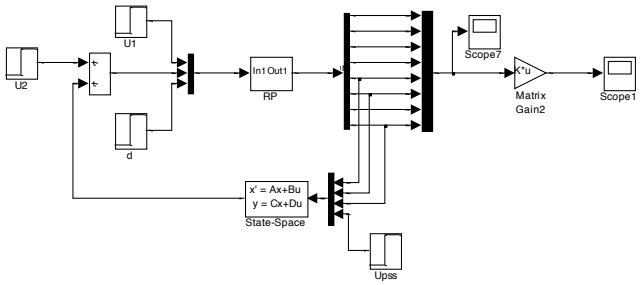


Figura 2: Modelagem em espaço de estados.

Sendo que:
x → Vetor variáveis de estado do modelo (n x 1)
u → Vetor variáveis de entrada externa (q x 1)
y → Vetor variáveis de saída do modelo (p x 1)
A → Matriz da planta (n x n)
B → Matriz de entrada (n x q)
C →Matriz de saída (p x n)
D → Matriz de transmissão direta (p x q)
E → Matriz de entrada de perturbação
F → Matriz de saída de perturbação

O esquema simplificado em termos de equação matricial é dado pela Equação 02. Genericamente para o presente sistema automático de regulação e controle é dado pelas Equações 03-06: As Variáveis da de saída são definidas na Tabela 2.

$$\begin{bmatrix} \dot{\mathbf{x}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{A} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \mathbf{x} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{B} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \mathbf{u} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{E} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \zeta \end{bmatrix} \qquad \begin{bmatrix} \mathbf{y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{C} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \mathbf{x} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{D} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \mathbf{u} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{F} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \zeta \end{bmatrix} \tag{02}$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{x} \end{bmatrix}^T = \begin{bmatrix} \mathbf{x}_1 & \cdots & \mathbf{x}_{20} \end{bmatrix}^T \tag{03}$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{u} \end{bmatrix}^T = \begin{bmatrix} \mathbf{u}_1 & \mathbf{u}_2 \end{bmatrix} \tag{04}$$

$$\begin{bmatrix} \zeta \end{bmatrix}^T = \begin{bmatrix} \zeta \end{bmatrix} \tag{05}$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{y} \end{bmatrix}^T = \begin{bmatrix} \Delta Y & \Delta\omega & \Delta\delta & E'_q & \Delta P_M & \Delta P_E & \Delta V_T & \Delta V_{PSS} \end{bmatrix}^T \tag{06}$$

TABELA 2: VARIÁVEIS DE SAÍDA DO MODELO

Saída (y)	Estados Correspondentes	Correspondentes Físicos
$\mathbf{y}_1$	S(3)	ΔY
$\mathbf{y}_2$	S(5)	Δω
$\mathbf{y}_3$	S(6)	Δδ
$\mathbf{y}_4$	S(8)	E'_q
$\mathbf{y}_5$	S(4)-2S(3)	S(4)-2ΔY
$\mathbf{y}_6$	$K_1S(6)+K_2S(8)+DS(5)$	$K_1\Delta\delta+K_2E'_q+D\Delta\omega$
$\mathbf{y}_7$	$K_5S(6)+K_6S(8)$	$K_5\Delta\delta+K_6E'_q$
$\mathbf{y}_8$	$K_{PSS}(18)$	-

As variáveis de estado são indicadas no vetor dado pela Equação 07 (manual) e 08 (automático). As equações 09-15 expressam o sistema em espaço de estados para a condição de regulador de velocidade e foram obtidas por manipulação algébrica no modelo clássico.

$$\begin{bmatrix} \mathbf{x} \end{bmatrix}^T = \begin{bmatrix} S(1) & S(2) & \Delta Y & S(4) & \Delta\omega & \Delta\delta & S(7) & E'_q & S(9) & S(10) & S(11) & S(12) & S(13) & S(14) & S(15) & S(16) & S(17) & S(18) & S(19) & S(20) \end{bmatrix}^T \tag{07}$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{x} \end{bmatrix}^T = \begin{bmatrix} S(19) & S(2) & \Delta Y & S(4) & \Delta\omega & \Delta\delta & S(7) & E'_q & S(9) & S(10) & S(11) & S(12) & S(13) & S(14) & S(15) & S(16) & S(17) & S(18) & S(20) & S(21) \end{bmatrix}^T \tag{08}$$

ISSN 1809-3957

$$A_{RV} = \begin{bmatrix} A11 & A12 \\ A21 & A22 \end{bmatrix} \tag{09}$$

$$\mathbf{A11} = \begin{matrix} \frac{-K_{PV}K_0}{T_{N1}} & 0 & 0 & 0 & \frac{K_{PV}K_0}{T_{N1}}\left(\frac{K}{K_0}+K_{PV}K\right) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{K_{PL}}{T_L} & -\frac{K_{PL}}{T_L} & 0 & 0 & -\frac{K_{PL}K_{PV}K}{T_L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{T_Y} & -\frac{1}{T_Y} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{6}{T_W} & -\frac{2}{T_W} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{H} & \frac{1}{2H} & -\frac{D}{2H} & -\frac{K_1}{2H} & 0 & -\frac{K_2}{2H} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \omega_0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{4{,}7K_AK_{TV}K_5}{T_A} & 0 & -\frac{4{,}7K_AK_{TV}K_6}{T_A} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{4{,}7K_{TH}K_AK_{TV}K_5}{T'_{DO}E_{FDB}} & -\frac{K_4}{T'_{DO}} & \frac{K_{TH}}{T'_{DO}E_{FDB}} & -\frac{4{,}7K_{TH}K_AK_{TV}K_6K_3+E_{FDB}}{T'_{DO}E_{FDB}K_3} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{K_{TF}}{T_1} & 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{T_1} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{K_{TF}}{T_2} & 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{T_2} & -\frac{1}{T_2} \end{matrix} \tag{10}$$

$$\mathbf{A12} = \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{0{,}47K_AK_{PSS}}{T_A} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{0{,}47K_{TH}K_AK_{PSS}}{T'_{DO}E_{FDB}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \tag{11}$$

$$\mathbf{A21} = \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{K_{TF}}{T_6}\left(1-\frac{T_5}{T_6}\right) & 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{T_6}\left(1-\frac{T_5}{T_6}\right) & -\frac{1}{T_6}\left(1-\frac{T_5}{T_6}\right) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & K_{TF}\frac{T_5}{T_6^{\,2}} & 0 & 0 & 0 & -\frac{T_5}{T_6^{\,2}} & -\frac{T_5}{T_6^{\,2}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{K_{TP}D}{2H'} & \frac{K_{TP}K_1}{2H'} & 0 & \frac{K_{TP}K_2}{2H'} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \tag{12}$$

ISSN 1809-3957

$$\mathbf{A22} = \begin{bmatrix}
-\frac{1}{T_6} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{T_6}\left(1-\frac{T_5}{T_6}\right) & -\frac{1}{T_6}\left(1-\frac{T_5}{T_6}\right) \\
\frac{1}{T_6} & -\frac{1}{T_6} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{T_5}{T_6^2} & -\frac{T_5}{T_6^2} \\
0 & \frac{1}{T_6} & -\frac{1}{T_6} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & \frac{1}{T_6} & -\frac{1}{T_6} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & \frac{1}{T_8}\left(1-\frac{T_7}{T_8}\right) & -\frac{1}{T_8} & 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{T_8}\left(1-\frac{T_7}{T_8}\right) & \frac{1}{T_8}\left(1-\frac{T_7}{T_8}\right) \\
0 & 0 & 0 & \frac{T_7}{T_8T_9} & \frac{1}{T_9} & -\frac{1}{T_9} & 0 & 0 & -\frac{T_7}{T_8T_9} & \frac{T_7}{T_8T_9} \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{T_{11}}\left(1-\frac{T_{10}}{T_{11}}\right) & -\frac{1}{T_{11}} & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{T_{10}}{T_{11}T_{12}} & \frac{1}{T_{12}} & -\frac{1}{T_{12}} & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{T_4} & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{T'_3}{(T''_3)^2} & -\frac{1}{T''_3}
\end{bmatrix} \tag{13}$$

$$\mathbf{B}_{RV} = \begin{bmatrix}
-\frac{K_{PV}K_0}{T_{N1}}\left(\frac{K}{K_0}+K_{PV}K\right) & 0 \\
\frac{K_{PL}K_{PV}K}{T_L} & 0 \\
0 & 0 \\
0 & 0 \\
0 & 0 \\
0 & 0 \\
0 & \frac{K_A}{T_A} \\
0 & \frac{K_{TH}K_A}{T'_{DO}E_{FDB}} \\
0 & 0 \\
0 & 0 \\
0 & 0 \\
0 & 0 \\
0 & 0 \\
0 & 0 \\
0 & 0 \\
0 & 0 \\
0 & 0 \\
0 & 0 \\
0 & 0 \\
0 & 0 \\
0 & 0 \\
0 & 0
\end{bmatrix} \tag{14}$$

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix}
0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & -2 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & D & K_1 & 0 & K_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & K_5 & 0 & K_6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & K_{PSS} & 0 & 0 & 0
\end{bmatrix} \quad \mathbf{D} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \mathbf{E} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ \frac{1}{2H} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \mathbf{F} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \tag{15}$$

V. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 é apresentada a base de valores levantada e validada por meio de ensaios de campo. Nas Equações 07-08 são expressos os vetores de estado do sistema para as condições RV (regulador de velocidade – manual) e para a condição RP (regulador de potência – automático). As matrizes **C**, **D**, **E**, **F**, são iguais para os casos operativos RV e RP.

O modelo em espaço de estados traz resultados muito próximos dos resultados em relação ao modelo em função de transferência, cujas divergências estão associadas com o processamento numérico. Por outro lado, o modelo em espaço de estados abre a possibilidade de aplicação de toda a teoria para sistemas lineares, tendo algoritmos de controle interessantes do ponto de vista de sensibilidade e robustez das respostas dinâmicas.

ISSN 1809-3957

TABELA 3: BASE DE VALORES [1].

Parâmetro	Valor - unidade	Parâmetro	Valor - unidade
P_B	350 MW	T'_{do}	7 s
Y_B	400 mm	K_{TM}	-347,39 V/V
ω_B	377 rad/s	$V_{AMáx}$	+5 V ou +4,97 pu
V_{TB}	16,5 KV	$V_{AMín}$	-4,97 pu
E_{FDB}	185,2 V	$E_{FDMáx}$	+1730 V ou 9,34 pu
2H	8.48 s	$E_{FDMín}$	-1730 V ou – 9,34 pu
D	1,0 pu/pu	T_A	1 s
Tw	1,55 s em P = 0,81 pu	K_A	1
ω_M	138,5 RPM	K_{TV}	-10 V/pu
$Y_{Máx}$	400 mm	$V_{THMáx}$	+5 V
$Y_{Mín}$	0 mm	$V_{THMín}$	-5 V
T_y	0,2 s	K_{PSS}	25,116 V
$V_{yMáx}$	+0,09 pu/s	T_5	0,4 s
$V_{yMín}$	-0,122 pu/s	T_6	0,1 s
T_L	0,56 s	T_2	2,2 s
K_{PL}	4,1	T_1	2,3 s
T_{N1}	3,8 s	K_{TF}	60 V/pu
K_0	0,25	T'_3	3,96 s
K_{PV}	0,4	T''_3	2,2 s
K	5	T_4	2,2 s
T_N	7 s	K_{PF}	0,05 pu
K_{PP}	0,2	T_7	0,056 s
K_1	3,10 pu/rad	T_8	0,0043 s
K_2	0,238 pu/pu	T_9	0,001 s
K_3	0,368 pu/pu	T_{10}	0,056 s
K_4	0,247 pu/rad	T_{11}	0,0043 s
K_5	0,01 pu/rad	T_{12}	0,001 s
K_6	0,10 pu/pu		

Para o modelo em RP, as seguintes modificações devem ser feitas na Matriz $\mathbf{A}_{RV}$ e $\mathbf{B}_{RV}$, indicadas na Tabela 4.

A Figura 3 mostra a estrutura de simulação do processo. Nas Figuras 4 e 5, de forma a ilustrar a efetividade da modelagem, é apresentada uma simulação em malha fechada com o modelo completo para regulador de potência, ou máquina em automático, incluindo a modelagem do estabilizador de potência ou PSS. Esta resposta é representativa da realidade de operação da unidade.

TABELA 4: MODIFICAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO DE $\mathbf{A}_{RP}$ E $\mathbf{B}_{RP}$ [1].

Parâmetro	Equação	Parâmetro	Equação
$a_{1,5}$	$-\frac{K_{PP}}{T_N}\left(D+\frac{1}{K_{PF}}\right)$	$a_{2,2}$	$-\frac{K_{PL}}{T_L}$
$a_{1,6}$	$\frac{K_{PP}K_1}{T_N}$	$a_{2,5}$	$-\frac{K_{PL}K_{PP}}{T_L}\left(\frac{1}{K_{PF}}+D\right)$
$a_{1,8}$	$-\frac{K_{PP}K_2}{T_N}$	$a_{2,6}$	$-\frac{K_{PL}K_{PP}K_1}{T_L}$
$b_{1,1}$	$\frac{K_{PP}}{T_N}$	$a_{2,8}$	$-\frac{K_{PL}K_{PP}K_2}{T_L}$
$a_{2,1}$	$\frac{K_{PL}}{T_L}$	$b_{2,1}$	$\frac{K_{PL}K_{PP}}{T_L}$

TABELA 5: AUTOVALORES DA MATRIZ DA PLANTA. OPERAÇÃO EM REGULADOR DE POTÊNCIA

PSS LIGADO	PSS DESLIGADO
- 1012.1303 + 97.822662i	-0.4545
- 1012.1303 - 97.822662i	-0.4545
- 218.8814 + 93.057284i	- 1.5358372 + 8.9184729i
- 218.8814 - 93.057284i	- 1.5358372 - 8.9184729i
- 13.545191 + 1.6844065i	- 9.1581501
- 13.545191 - 1.6844065i	- 1.7486916 + 1.9263465i
- 10.611338 + 5.8525688i	- 1.7486916 - 1.9263465i
- 10.611338 - 5.8525688i	- 1.6346161 + 0.4513397i
- 3.1775096 + 10.204059i	- 1.6346161 - 0.4513397i
- 3.1775096 - 10.204059i	- 0.0240603
- 1.6987102 + 2.7763305i	
- 1.6987102 - 2.7763305i	
- 1.733807	
- 1.1098288 + 0.9539279i	
- 1.1098288 - 0.9539279i	
- 0.0240602	
- 0.4551385	
- 0.4545000	
- 0.3647366	
- 0.5939901	

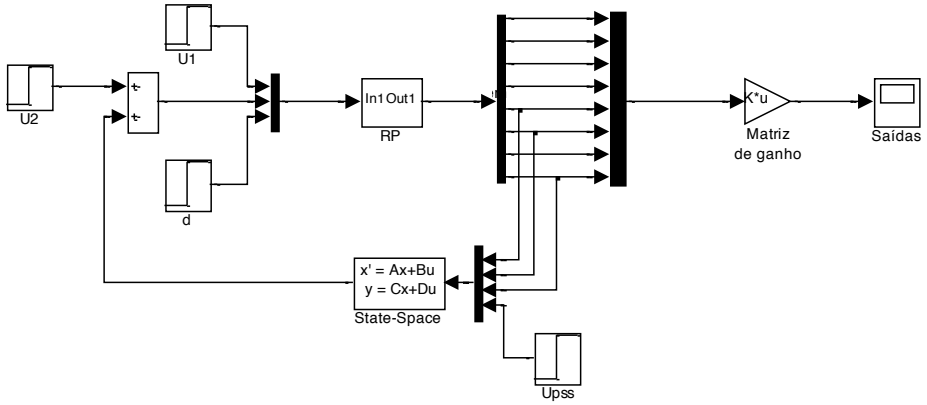


Figura 3 – Estrutura da simulação do modelo.

ISSN 1809-3957

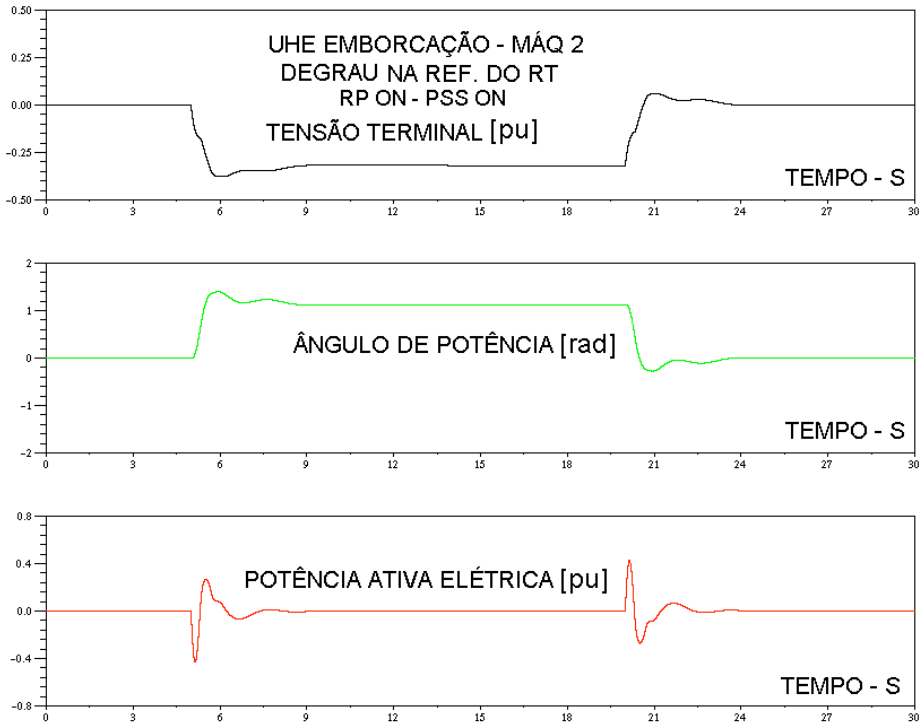


Figura 4 – Simulação do modelo completo com o PSS ligado, na modalidade Regulador de Potência e sistema sujeito a uma perturbação de 0.32 pu.

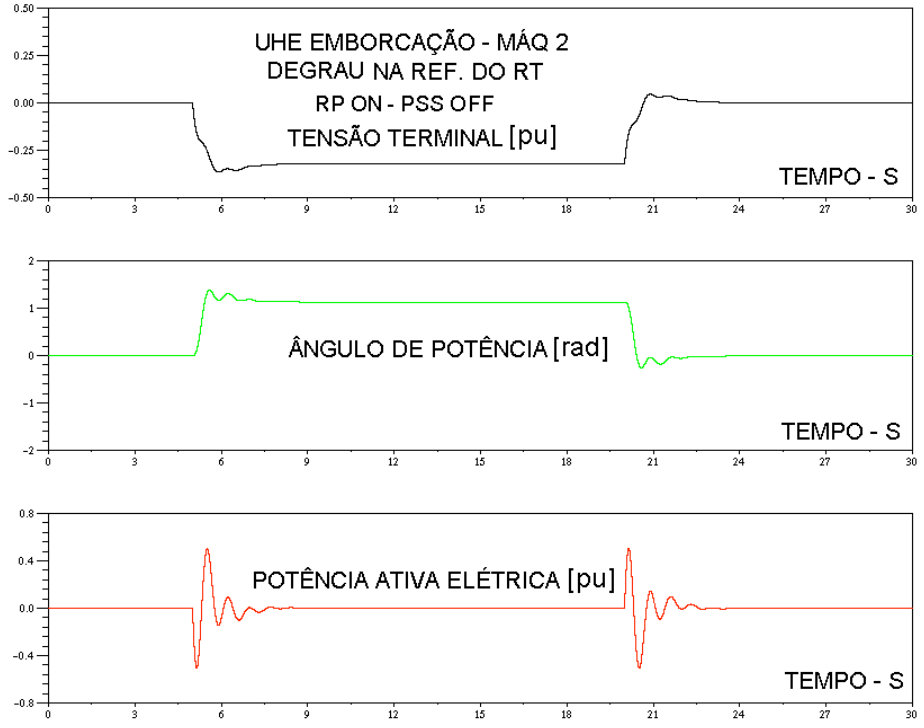


Figura 5 – Simulação do modelo com o PSS desligado, na modalidade Regulador de Potência e sistema sujeito a uma perturbação de 0.32 pu.

ISSN 1809-3957

VI. CONCLUSÕES

Foi levantado um modelo em espaço de estados representativo da máquina síncrona de uma instalação de grande porte. O modelo em espaço de estados foi simulado e se apresenta compatível com o comportamento real de operação da máquina. Tal modelo se mostra de fundamental importância para o estudo e a análise de comportamento operativo aplicado ao controle do processo de produção de eletricidade dentro do campo da estabilidade de sistemas. Além disso, a técnica de análise pelo método de estado se torna uma ferramenta importante para a avaliação de ocorrências em que estejam envolvidos os sistemas de regulação e proteção. A vantagem desse tipo de abordagem, como pode ser visto no desenvolvimento do trabalho, foi a utilização das técnicas computacionais. Um dos exemplos foi a inspeção dos autovalores da matriz da planta, matriz "A" da Equação 1.

A inspeção dos autovalores, associada aos parâmetros do modelo, permite que se colham informações de maneira compacta e não de maneira isolada como se faz na análise clássica de estabilidade, sem contar que na disposição matricial ficam bem mais evidentes as inter-relações entre as diferentes variáveis de estado.

Como no estudo pelo método de estado, trabalha-se com o chamado espaço de estados, existem variáveis que apresentam significação física enquanto outras são apenas variáveis matemáticas. Variáveis tais como tensão terminal de saída de máquina e ângulo elétrico de potência, por exemplo, trata-se de variáveis com significação física, porém variáveis matemáticas intrínsecas como as que representam saídas dos blocos de *lead-lag* do PSS são variáveis matemáticas. Quer se trate de variáveis matemáticas ou de variáveis físicas, todas elas interferem no controle automático do processo.

Nas Figuras 4 e 5 são mostradas as respostas do sistema a uma perturbação do tipo degrau na referência do RT. Na Figura 4 o PSS encontra-se ligado e na Figura 5 o PSS encontra-se desligado. Nota-se, claramente, a ação de amortecimento introduzida pela presença do PSS.

Na Tabela 5 são mostrados os autovalores para as condições PSS ligado e PSS desligado para a modalidade operativa em RP. Em ambas as situações o sistema é estável como era de se esperar.

Nas análises preliminares, em termos de processo, considerando-se que o arranjo adotado para o PSS seja o que ficou aqui definido, isto é, um PSS do tipo frequência acelerante, a questão dos ajustes levará sempre em conta um julgamento de Engenharia, o que poderá ser promovido através do modelo clássico ou através do modelo de estado, proposta do presente artigo.

Qualquer que seja o tipo de PSS, assim como seus ajustes, bem como os ajustes tanto do RV quanto do RT, tudo isso caracteriza situações que dependerão de estudos de estabilidade e não foi o objetivo principal do presente trabalho. O que o presente trabalho quis mostrar foi a aplicação direta do método de estado a um sistema real cuja modelagem foi validada previamente via ensaios de campo.

É muito importante na abordagem da estabilidade pelo método de estado a observação da correta escolha fásica que se deve fazer durante o processo de decomposição do diagrama em blocos no plano complexo. Vários métodos podem ser aplicados conforme as referências [5] e [6].

Como trabalhos futuros sugere-se a aplicação de técnicas de controle moderno, preditivo, robusto, tolerante a falhas, aliada a técnicas de identificação de sistemas para a investigação em máquina de grande porte e comportamento do sistema elétrico.

VII. REFERÊNCIAS

[1] J. Feinstein, "Nonconventional State Models of Electric Transmission Lines", IEEE Transactions on Education, Vol. E-25, Nº. 1, February, 1982.

[2] UHE Emborcação – Programa UEBSARC-JMS 1.0 – 1.1 – 1.2 – CEMIG – Nº 01.124-G1/US6-070/89.

[3] L. R. Gomes, "Aplicação da Teoria do Controle Ótimo Via Realimentação de Estado aos Sistemas de Regulação e Controle", Dissertação de Mestrado, Escola Federal de Engenharia de Itajubá, Brasil, 1987.

[4] P. M. Anderson, A. A. Fouad, "Power System Control and Stability", The Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA, 1982.

[5] J. Feinstein, "Teoria dos Sistemas de Controle Enfoque por Variáveis de Estado", Editora Campus Ltda.,Escola Federal de Engenharia de Itajubá, Brasil, 1979.

[6] K. Ogata, "State Space Analysis of Control Systems", Prentice-Hall, INC, Englewood Cliffs, N.J., USA, 1967.

VIII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

APLICAÇÃO DE ÁCIDOS HÚMICOS EM CEBOLA NA REGIÃO DO VALE DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO

CARLOS ALBERTO ARAGÃO[1], JADSON PEREIRA BARROS[1], BÁRBARA FRANÇA DANTAS[2]
1 - UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA/ UNEB; 2 - EMBRAPA SEMIÁRIDO
carlosaragao@hotmail.com

Resumo** - Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de ácidos húmicos aplicados via solo e foliar na cebola, na região do Vale do Submédio São Francisco. O estudo foi realizado no período de junho a outubro de 2009, no Campo Experimental de Hortaliças do Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais/ DTCS da Universidade do Estado da Bahia/ UNEB. Foram feitas aplicações de produtos a base de ácidos húmicos (AH) e ácidos fúlvicos (AF), sendo o Vitaplus (18 % AH e 6 % AF) e o Agrolmin (27,42 % substâncias húmicas) a base de turfa e o Codahumus (10 % AH e 10 % AF) de Leonardita. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com dez tratamentos e quatro repetições e os tratamentos foram: T1-Testemunha (água); T2-Vitaplus 10 Lha^{-1} (via solo); T3-Vitaplus 20 Lha^{-1}(via solo); T4-Codahumus 10 Lha^{-1}(via solo); T5-Codahumus 20 L ha^{-1}(via solo); T6-Agrolmin 10 Lha^{-1}(via solo); T7-Agrolmin 20 Lha^{-1}(via solo); T8-Vitaplus 1 mL L^{-1} (via foliar); T9-Codahumus 1 mL L^{-1} (via foliar) e T10-Agrolmin 1 mL L^{-1} (via foliar). A colheita foi realizada aos 120 dias após a semeadura e avaliadas as seguintes características produtividade total; produtividade comercial; produtividade não comercial; massa média de bulbos; índice relativo de clorofila; pungência e acidez titulável. Observou-se um incremento significativo na produção total e comercial da cebola com o uso dos produtos ricos em ácidos húmicos aplicados no solo, nas doses de 10 Lha^{-1}; que diferiu estatisticamente do tratamento à testemunha e nas doses de 20 Lha^{-1} aplicados no solo. Para pungência, sólidos solúveis e acidez titulável os resultados não mostraram diferenças significativas entre os tratamentos empregados.

Palavras-chave:** Allium Cepa L.. Matéria Orgânica. Leonardita. Turfa.

I. INTRODUÇÃO

A cebolicultura no Brasil é uma atividade praticada principalmente por pequenos lavradores. É de grande importância socioeconômica pela enorme demanda de mão-de-obra, rentabilidade e viabiliza as pequenas propriedades, além de fixar os produtores na zona rural, reduzindo a migração para as grandes cidades. No Brasil a produção de cebola se concentra nas regiões Sul: (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul), que atualmente contribui com 45,65 % da produção nacional; Sudeste (São Paulo e Minas Gerais) com 25,48 %; Nordeste (Pernambuco e Bahia) com 24,15 % e Centro Oeste (Goiás), 4,72 %. Atualmente a área plantada com cebola no Brasil, gira em torno de 63,64 mil ha ano^{-1}, com produção da ordem de 1,2 milhões de toneladas ano^{-1} e produtividade média ao redor de 20,45 t ha^{-1} (SENACE, 2009).

Na região Semiárida do Nordeste brasileiro a área de cultivo mais representativa está localizada na região do Vale do Submédio São Francisco (cultivo durante todo o ano) com área plantada em torno de 16.733 ha ano^{-1} (IBGE, 2008). O uso intensivo e indiscriminado do solo tem provocado à perda de qualidade das áreas cultivadas, não obstante ao cultivo da cultura a áreas relativamente pobres em matéria orgânica.

O uso da matéria orgânica na agricultura é uma tecnologia que eleva a CTC do solo, aumentando e melhorando a disponibilidade de elementos químicos e a absorção desses como nutrientes pelos vegetais, além de melhorar as características físicas dos solos, confere estabilidade dos agregados e da estrutura, resistência a erosão, melhorando a infiltração e retenção de água diminuindo a lixiviação de nutrientes (Santos & Camargo, 1999). Além de fornecer nutrientes para as plantas por meio da mineralização, as substâncias húmicas também podem estimular diretamente o desenvolvimento e o metabolismo das plantas através de mecanismos ainda não totalmente elucidado (Canellas *et al.*, 2005).

O uso de produtos comerciais ricos em ácidos húmicos e fúlvicos apresenta-se como uma ferramenta para elevar a produção e qualidade das colheitas possibilitando melhorar as qualidades físicas e químicas do solo, com a adição de substâncias mais elaboradas e reativas para os solos e ainda provocar estímulos de crescimento nos vegetais. Estes produtos diminuem as possibilidades de contaminações por outras matérias orgânicas comercializadas sem fiscalizações dos órgãos governamentais.

Diante do exposto este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de ácidos húmicos aplicados via solo e foliar na cebola na região do Vale do Submédio São Francisco, com vistas a elevar a produtividade e a qualidade da cebola sem degradar o meio ambiente.

II. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de maio a outubro de 2009, no Campo Experimental de Hortaliças do Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais/ DTCS da Universidade do Estado da Bahia/ UNEB. O solo da área experimental foi classificado como NEOSSOLO FLÚVICO (Embrapa, 1999), com as seguintes características pH (H_2O) = 7,9; CE = 0,31dS m^{-1}; Ca = 4,4 cmol dm^{-3}; Mg = 0,8 cmol dm^{-3}; Na = 0,02 cmol dm^{-3}; K = 0,44 cmol dm^{-3} ; S_b = 5,66 cmol dm^{-3}; P = 60,9 mg dm^{-3}; C = 0,59 g kg^{-1} e M.O = 1,01 g kg^{-1}.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com dez tratamentos e quatro repetições. As parcelas experimentais mediam 0,80 m de largura e 3,0 m de comprimento, constituídas de oito linhas de plantio no espaçamento de 0,10 m x 0,10 m entre plantas, sendo consideradas como área útil as quatro fileiras centrais,

ISSN 1809-3957

retirando-se duas plantas em cada extremidade, resultando em área útil de 1,04 m^2 (2,6 m x 0,4 m).

Os tratamentos consistiram de T1-testemunha (água); T2-10 Lha^{-1} de Vitaplus (via solo); T3-20 Lha^{-1} de Vitaplus (via solo); T4-10 Lha^{-1} de Codahumus (via solo); T5-20 Lha^{-1} de Codahumus (via solo); T6-10 Lha^{-1} de Agrolmin (via solo); T7-20 Lha^{-1} de Agrolmin (via solo); T8-1 mLL^{-1} de Vitaplus (via foliar); T9-1 mLL^{-1} de Codahumus (via foliar) e T10- 1 mLL^{-1} de Agrolmin (via foliar).

Foram feitas aplicações de doses de ácidos húmicos (AH) comerciais sendo o Vitaplus composto de 18 % ácidos húmicos e 6 % ácidos fúlvicos e o Agrolmin 27,42 % de substâncias húmicas a base de turfa e o Codahumus apresenta em sua constituição 10 % ácidos húmicos e 10,2 % de ácidos fúlvicos, provenientes de Leonardita.

As aplicações no solo foram realizadas aos 8, 15 e 30 dias após o transplante das mudas, através de um regador plástico. As aplicações via foliar foram feitas aos 8, 15, 30 e 45 dias após transplante, através de pulverizador manual, utilizando uma cortina de TNT visando evitar efeito de deriva e consequentemente atingir as parcelas vizinhas, as quais também foram separadas por pequenos sulcos de 0,10 m de largura e profundidade. Nas parcelas testemunha foi aplicado o mesmo volume de água como tratamento.

O preparo do solo foi realizado com auxílio de um trator, através de roçagem das plantas espontâneas, seguido de aração, gradagem e sulcamento da área com espaçamento de 1,20 m entre sulcos. As parcelas foram separadas (no sentido longitudinal) por sulcos de 10 cm de largura e 10 cm de profundidade, com o objetivo de evitar a influência dos tratamentos vizinhos. O transplante de mudas de cebola da cultivar Vale Ouro - IPA 11 foi realizado dia 11 de julho de 2009.

Os tratos culturais e controle de pragas e doenças foram realizados de acordo com as recomendações regionais para a cultura. A adubação de plantio foi realizada com base na análise do solo, segundo Comissão Estadual de Fertilidade de Solo (1989), com 48 kg ha^{-1} de P_2O_5, e a adubação de cobertura com 146 kg ha^{-1} de N, 55 kg ha^{-1} de K_2O, e parceladas em doze aplicações fertiirrigadas através de um Venturi. Tendo início no décimo terceiro dia até o qüinquagésimo dia após o transplante das mudas.

A irrigação foi realizada usando fitas gotejadoras espaçadas 0,40 m entre linhas e gotejador a cada 0,30 m, com vazão de 1,4 L $hora^{-1}$, e pressão de serviço de um atm. A freqüência de irrigação adotada foi diária obtida pela estimativa da evapotranspiração de referência do dia anterior medidas pelo tanque "Classe A", e suspensa oito dias antes da colheita.

A colheita se deu aos 120 dias após a semeadura e logo em seguida procedeu-se a cura sob condição ambiente por quatro dias ao sol, tomando-se o cuidado de arranjar as plantas de modo que a folhagem de uma planta cobrisse o bulbo da outra a fim de evitar a incidência direta de raios solares sobre os mesmos. Após este período, os bulbos foram separados do pseudocaule e eliminados os restos de raízes, pesados em balança eletrônica com precisão de 5 g, medido o diâmetro de todos os bulbos das parcelas, utilizando um paquímetro eletrônico e realizada a classificação dos bulbos comerciais através do diâmetro transversal (mm) segundo Brasil (1995), em classe 2 = maior que 35 até 50 mm de diâmetro; Classe 3 = maior que 50 até 70 mm; Classe 4 = maior que 70 até 90 mm e Classe 5 = maior que 90 mm.

Foram avaliadas a produtividade total de bulbos, através da pesagem de todos os bulbos da parcela, produtividade comercial, pesagem de bulbos bem formados sem sinais de doenças e com mais de 35 mm de diâmetro transversal e produtividade não comercial (refugo) com bulbos abaixo de 35 mm de diâmetro, expressas em porcentagem (%). A massa média dos bulbos foi obtida através da relação do peso de bulbos comerciais pelo número de bulbos, expresso em g $bulbos^{-1}$.

A avaliação do Índice Relativo de Clorofila (IRC) foi realizada com auxílio de um clorofilômetro da marca MINOLTA (SPAD 502), através de leituras da terceira folha da parte mediana da planta. Tomando-se oito plantas por parcela útil, aos cinqüenta e quatro dias após o transplante.

Doze bulbos por repetição por cada tratamento foram separados para caracterização química: sucos filtrados dos bulbos foram utilizados para a determinação dos sólidos solúveis, por meio de um refratômetro portátil modelo 103, com leitura na faixa de 0 a 32 ºBrix, também para a determinação da acidez titulável utilizando-se dois gramas de suco filtrado onde se adicionaram 23 mL de água destilada e 3 gotas de fenolftaleína a 1% sendo tituladas com NaOH 0,1N, e ainda, para ser medido o pH, com o auxílio de um pHmetro modelo 'Hanna Instruments HI 8417', calibrado com solução padrão pH 4,0 e 7,0 e determinação da pungência dos bulbos de acordo metodologia proposta por Schwimmer & Weston (1961).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância através do teste F e as médias comparadas entre si ao nível de 5 % de probabilidade através do teste de Scott knott. Os dados de produtividade não comercial foram transformados em arco seno √P/ 100 para efeito de análise.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se que, para a produtividade total, a aplicação dos AH, para os três produtos comerciais avaliados na dose de 10 Lha^{-1} aplicados via solo, as plantas apresentaram comportamento estatisticamente semelhantes entre si e superiores quando comparados às testemunhas. As médias de produtividade total para os tratamentos de 10 L ha^{-1} de Vitaplus, Codahumus e Agrolmin foram respectivamente 55,03; 57,91 e 56,03 t ha^{-1}, ao passo que, o tratamento testemunha apresentou 48,10 t ha^{-1}. A média geral de todos os tratamentos foi 17 % maior para produtividade total que a do tratamento testemunha. Ainda na mesma tabela, verifica-se que os produtos ricos em Ácidos Húmicos (Vitaplus, Codahumus e Agrolmin) aplicados via foliar na dose de 1 mLL^{-1} promoveram um incremento de 9,7 % na produtividade para o produto Codahumus comparado com as testemunhas. No entanto, quando se aplicou via solo 20 L ha^{-1} de Vitaplus e Agrolmin, nestes tratamentos as plantas se comportaram de forma semelhantes entre si e ao tratamento controle (Tabela 1). Os tratamentos Codahumus e Agrolmin a dose de 1 mLL^{-1} via foliar, apresentaram média de 9,16 % de incremento para produtividade quando comparado ao tratamento testemunha, ao passo que o Vitaplus aplicado via foliar, na mesma dose, não diferiu da testemunha.

ISSN 1809-3957

Tabela 1 – Dados médios de produtividade total - PT (t ha^{-1}), produtividade comercial - PC (t ha^{-1}), produtividade não comercial – PNC (%), massa média de bulbos - MB (g $bulbo^{-1}$) e Índice relativo de clorofila (IRC) de cebolas submetidas a diferentes concentrações e ácidos húmicos. Juazeiro-BA, 2009.

Tratamentos	PT (t ha^{-1})	PC (t ha^{-1})	PNC (%)	MB (g)	IRC
Testemunha	48,10b	43,50b	9,65a	101,62a	67,72a
10 L ha^{-1} Vitaplus (vs)	55,03a	50,85a	8,22a	112,60a	69,60a
20 L ha^{-1} Vitaplus (vs)	43,61b	34,42b	22,69b	106,18a	69,52a
10 L ha^{-1} Codahumus (vs)	57,91a	51,94a	10,45a	113,17a	70,32a
20 L ha^{-1} Codahumus (vs)	53,55a	48,86a	9,37a	111,38a	69,60a
10 L ha^{-1} Agrolmin (vs)	56,03a	52,34a	6,79a	96,32a	67,70a
20 L ha^{-1} Agrolmin (vs)	46,26b	37,81b	19,22b	120,68a	71,37a
1 mL L^{-1} Vitaplus (vf)	47,01b	41,12b	13,01a	112,92a	68,07a
1 mL L^{-1} Codahumus (vf)	52,82a	48,16a	9.37a	118,49a	65,70a
1 mL L^{-1} Agrolmin (vf)	52,20a	46,32a	11,43a	116,95a	67,75a
C.V (%)	11,83	17,48	59,55	10,56	7,73

Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.
vs=via solo vf=via foliar

Possivelmente esses resultados apontam para a saturação da curva de resposta das aplicações dos produtos comerciais em estudo, no nível próximo a dose de 10 Lha^{-1} aplicado no solo, visto que a dose de 20 Lha^{-1} dos produtos à base de turfa apresentaram comportamento estatisticamente semelhante ao tratamento controle para produtividade total e comercial de cebola. O fato da dose de 20 Lha^{-1} no solo, do produto Codahumus, ter proporcionado maior produtividade em relação ao Vitaplus e Agrolmin, pode estar relacionado com a sua maior concentração de ácidos fúlvicos. Acredita-se que a origem das matérias primas de cada produto comercial sendo de material mais antigo como a Leonardita e a Lignita possam conter compostos de origem vegetal ou animal de espécies diferentes das encontradas nos materiais mais jovens como a turfa.

De acordo com Nardi *et al*., (2002) a ação direta das substâncias húmicas sobre o metabolismo e o crescimento das plantas tem sido atribuído principalmente à ação das substâncias húmicas de menor peso molecular, uma vez que estes são capazes de atingir a membrana plasmática das células das raízes e, em seguida serem translocados por toda a planta. Sanches *et al.,* (2007) verificou que as frações de menor tamanho molecular possuem um maior número de moléculas com oxigênio ligados, enquanto que a fração de maior tamanho molecular apresentou um maior número de moléculas aromáticas. Sangeetha *et al*. (2008) conseguiu incremento de 11,31 % na produção de cebola combinando a aplicação de fertilizantes inorgânicos com ácidos húmicos aplicados no solo.

Resultados de trabalhos com cana-de-açúcar por Gullo (2007), e Rosa *et al.* (2009) em *Phaseolus vulgaris,* indicam que as substâncias húmicas influenciaram positivamente o crescimento das plantas. Ruiz (2000) observou que aplicações foliares de substâncias húmicas em tomate com doses de 5 mLL^{-1} promoveram efeitos inibidores na produção de matéria fresca e seca da planta e também influenciam nos rendimentos produtivos. Neste trabalho observou-se que os efeitos de inibição no incremento produtivo estão relacionados com a origem dos produtos procedentes de resíduos vegetais e turfa. O efeito inibidor do produto comercial Vitaplus aplicado via foliar em cebola a dose de 1 mLL^{-1} mostrou que o seu efeito de incremento positivo na produção provavelmente esteja em doses menores ao aplicado devido a sua maior concentração em Ácidos Húmicos.

Para a produtividade comercial, resultante da quantificação de bulbos bem formados e com diâmetro transversal acima de 35 mm, percebe-se que as plantas que receberam os tratamentos a base de substâncias húmicas e fúlvicas mantiveram um comportamento semelhante ao da produtividade total. Vale salientar que para esta variável, de maneira geral, os produtos aplicados apresentaram um ganho de 18,87 %, quando aplicados nas doses de 10 Lha^{-1} , quando comparado com a testemunha (Tabela 1).

A média de produtividade comercial dos melhores tratamentos com a adição dos AH E AF, para a cultivar avaliada IPA 11, foi da ordem de 49,74 t ha^{-1}, no período compreendido de maio a outubro de 2009. Enquanto que, Souza *et al*.(2008) no ano de 2004 nos mesmos meses, trabalhando com a mesma cultivar em cultivo convencional, sem a aplicação de ácidos húmicos e/ou fúlvicos, obtiveram produtividades comerciais de 44,17 e 12,46 t ha^{-1}, nos municípios de Petrolina-PE e Juazeiro-BA, respectivamente.

Na análise da produtividade não comercial nota-se comportamentos semelhantes para os tratamentos. Os mesmos não diferiram estatisticamente do tratamento controle com exceção para os tratamentos com Vitaplus e Agrolmin na dose de 20 Lha^{-1} via solo, mostrando que os níveis de saturação destes tratamentos ocorreram de forma mais efetiva e precoce que os tratamentos a base de Codahumus via solo.

Para massa média de bulbos não se observou diferença estatística entre os tratamentos avaliados, mesmo apresentando uma variação de 96,32 para 120,68 g (Tabela 1). De acordo com Silva *et al*. (1991) os bulbos com massa entre 80 e 100 g têm a preferência do consumidor, que adotaram essa medida como sendo uma das características de maior valor comercial. Os resultados encontrados no trabalho estão dentro da mesma faixa obtida por Leite *et al*. (2005), situada entre 86 a 160 g $bulbo^{-1}$, em experimento realizado na mesma região, em cultivo convencional.

O índice relativo de clorofila (IRC), não foi afetado pelos tratamentos com a aplicação dos ácidos húmicos e fúlvicos, sendo que a média geral dos índices foi de 68,73 (Tabela 1).

Índices SPAD ou IRC, obtidos em folhas de diversas espécies apresentam correlação positiva com a suficiência de N (Piekielek & Fox, 1992; Blackmer & Schepers, 1995; Guimarães *et al.*, 1999; Shapiro, 1999) podendo ser considerado um índice para avaliar o estado de nitrogênio das plantas. Recentemente, foi demonstrada a potencialidade do SPAD-502 para avaliar a resposta de diversas espécies à aplicação do nitrogênio (Hoel & Solhaug, 1998; Wu *et al.*, 1998; Sainz-Rozas & Echeverria, 1998; Madakadze *et al.*, 1999; Carreres *et al.*, 2000; Sandoval-Villa *et al.*, 2000).

Asik *et al*.(2009) em trabalhos com trigo, descrevem que a aplicação de húmus no solo aumentou a absorção do

ISSN 1809-3957

N, enquanto que a aplicação de ácido húmico via foliar elevou a absorção de P, K, Mg, Na, Cu e Zn.

Como todos os tratamentos receberam a mesma dose de N nas adubações de cobertura e tiveram o mesmo comportamento que a testemunha, verificou-se que os diferentes produtos ricos em AH e AF (Vitaplus, Codahumus e Agrolmin) e as diferentes doses e vias de aplicação não promoveram incremento no índice SPAD que causassem diferenças estatísticas. Acredita-se que o índice não variou devido ao fato de ter sido aplicada apenas uma dose de N para todos os tratamentos e as diferentes fontes e concentrações de AH e AF nos produtos aplicados não elevaram a absorção de N comparado ao controle.

Para as características pungência, sólidos solúveis e acidez titulável, os resultados evidenciam que estas variáveis não foram influenciadas pelos tratamentos empregados, sugerindo que a aplicação dos ácidos húmicos e ou fúlvicos não interferem nas características físico-químicas dos bulbos de cebola (Tabela 2).

Miguel *et al.* (2004) reportaram que as cebolas podem ser classificadas mediante a combinação entre os teores de sólidos solúveis (SS) e de acidez titulável (AT), indicando que uma cebola, para ter sabor considerado pungente deve ter (> 6,0 m.moles ác. Pirúvico g^{-1}), elevada acidez (> 0,3g ác. pirúvico $100g^{-1}$) e baixa concentração de sólidos (< 6 °Brix); para sabor moderadamente pungente deve ter valores intermediários de sólidos solúveis (6-8 °Brix), acidez (0,3-0,2 g ác. Pirúvico $100g^{-1}$) e pungência com 4,0-6,0µmoles ác. pirúvico g^{-1}; para sabor muito pouco pungente deve apresentar níveis intermediários de pungência (4,0-6,0 µmoles ác. pirúvico g^{-1}) e de acidez (0,3-0,2 g ác. pirúvico $100g^{-1}$), mas alto de sólidos solúveis > 9 °Brix; e para ser considerada doce deve ter alto conteúdo de sólidos solúveis > 9°Brix, baixa a moderada acidez < 0,2g ác. pirúvico $100g^{-1}$ e baixa pungência < 4,0 µmoles ác.pirúvico g^{-1}. Wall & Corgan (1992) também relataram que a relação entre os teores de SS, AT e pungência pode ser uma melhor indicação da qualidade organoléptica dos bulbos, que a análise isolada destes parâmetros.

Tabela 2 – Dados médios de pungência - PU (ácido pirúvico µmol.mL^{-1}), acidez titulável – AT (% ácido cítrico), sólidos solúveis – SS (% Brix) de cebolas submetidas a diferentes concentrações e ácidos húmicos. Juazeiro-BA, 2009.

Tratamentos	PU (µmol.mL^{-1})	AT (% ácido cítrico)	SS (% Brix)
Testemunha	3,45a	0,109a	9,26a
10 L ha^{-1} Vitaplus (vs)	3,45a	0,099a	8,53a
20 L ha^{-1} Vitaplus (vs)	3,69a	0,103a	8,80a
10 L ha^{-1} Codahumus (vs)	3,85a	0,106a	9,13a
20 L ha^{-1} Codahumus (vs)	3,55a	0,109a	8,66a
10 L ha^{-1} Agrolmin (vs)	3,80a	0,115a	9,13a
20 L ha^{-1} Agrolmin (vs)	3,80a	0,103a	9,33a
1 mL L^{-1} Vitaplus (vf)	3,91a	0,096a	9,26a
1 mL L^{-1} Codahumus (vf)	4,22a	0,097a	9,53a
1 mL L^{-1} Agrolmin (vf)	3,93a	0,109a	9,86ª
C.V(%)	15,48	7,11	5,45

Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

vs = via solo, vf = via foliar.

Devido à natureza complexa das substâncias húmicas (SH), não é tão simples explicar os seus efeitos. Acredita-se que, pelo fato dos produtos comerciais utilizados serem procedentes de fontes e concentrações diferentes de ácidos húmicos e fúlvicos, esta característica dificulta a interpretação dos resultados. Ainda não está muito bem elucidado se os efeitos das referidas substâncias estão estritamente vinculados à estrutura química das mesmas, ou se dependem também de hormônios de origem microbiana preso a estes compostos (Nardi *et al.*, 2002).

IV. CONCLUSÕES

O uso dos produtos ricos em ácidos húmicos e fúlvicos, nas condições do experimento, possibilitou um aumento na produtividade comercial da cebola e a média geral dos tratamentos foi 17 % maior para produtividade total que a do tratamento testemunha;

A aplicação dos ácidos húmicos e fúlvicos não alteraram as características químicas e físicas dos bulbos de cebola;

É sugerido que sejam realizados mais estudos embasados nas fontes (Turfa e Leonardita) e suas concentrações de AH e AF, para que se possa melhor caracterizar os efeitos dessas substâncias na cebola.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASIK BB; TURAN MA; CELIK H. 2009. Effects of Húmic Substances on plant growth and mineral nutrients uptake of wheat (*Triticum durum* cv. Salihli) under onditions of salinity. **Asian Journal of Crop Science** 1 (2): 87-95.

BLACKMER TM; SCHEPERS JS. 1995. Use of a chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertigation for corn. **Journal Production Agriculture**, v. 8, p. 56-60.BRASIL. Ministério da Agricultura, Abastecimento e Reforma Agrária. Portaria n. 529 de 18 de agosto 1995. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 1 setembro 1995, Seção1, p. 13513.

CANELLAS L P; SANTOS G A. 2005. Humosfera: Tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas. Campos dos Goytacazes. 309 p.

CARRERES R; SENDRA J; BALLESTEROS R; CUADRA JG. 2000. Effects of preflood nitrogen rate and midseason nitrogen timing on flooded rice. **Journal of Agricultural Science**, v. 134, n. 4,p. 379-390.

COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DE SOLO. 1989. *Manual de adubação e calagem para o Estado Bahia*. Salvador: 176p.

GUIMARÃES TG; FONTES PCR; PEREIRA PRG; ALVAREZ V, VH; MONNERAT PH. 1999. Teores de clorofila determinados por medidor portátil e sua relação com formas de nitrogênio em folhas de tomateiro cultivado em dois tipos de solo. **Bragantia**, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 209-216.

GULLO MJM. 2007. Uso de condicionador de solo a base de ácido húmico na cultura de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). Piracicaba: USP- ESALQ. 59p (Tese mestrado).

HOEL BO; SOLHAUG KA. 1998. Effect of irradiance on chlorophyll estimation with the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter. **Annals of Botany**, v. 82, p. 389-392.

IBGE. 2008, 04 de fevereiro. *Produção agrícola municipal*. Lavoura temporária cebola. Produção e área plantada de cebola, Brasil. Disponível em http://www.ibge.gov.br.

LEITE WM; COSTA ND; SANTOS CAF; RESENDE GM; Comportamento de cultivares de cebola no Vale do São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 45. *Resumos*...Forlaleza: SOB (CD-ROM).

MADAKADZE IC; STEWART KA; MADAKADZE RM; PETERSON PR; COULMAN BE; SMITH DL. 1999. Field evaluation of the chlorophyll meter to predict yield and nitrogen concentration of switchgrass. **Journal of Plant Nutrition**, v. 22. n. 6, p. 1001-1010.

MIGUEL ACA; DURIGAN MFB; DURIGAN JF; MORETTI CL. 2004.Postharvest quality of twelve onion cultivars grown in the southeast of Brazil. In: INTERNATIONAL ISHS SYMPOSIUM ON EDIBLE ALLIACEAE, 4. *Abstracts*...Beijing: ISEA. p. 235.

NARDI S; PIZZEGHELLO D; MUSCOLO A; VIANELLO A. 2002. Physiological effects of humic substances on higher planta. **Soil Biol. Biochem**., 34:1527-1536.

PIEKIELEK WP; FOX RH. 1992. Use of a chlorophyll meter to predict sidedress nitrogen requirements for maize. **Agronomy Journal**, v. 84,n. 59-65.

ROSA CM; CASTILHOS RMV; VAHL LC; CASTILHOS DD; PINTO LFS; OLIVEIRA ES; LEAL OA. 2009. Efeito de substâncias húmicas na cinética de absorção de potássio, crescimento de plantas e concentração de nutrientes em *Phaseolus vulgaris* L. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33:959-967.

RUIZ RR. 2000. Aplicación de sustancias húmicas comerciales como productos de acción bioestimulante. Efectos frente al estrés salino. Universidad de Alicante. 335p. (Tese Doutorado).

SAINZ-ROZAS H; ECHEVERRIA HE. 1998. Relacion entre las lecturas del medidor de clorofila (Minolta SPAD 502) en distintos estadios del ciclo del cultivo de maiz y el rendimento en grano. **Revista de la Facultad de Agronomia la Plata**, v. 103, n. 1, p. 37-44.

SANCHES SM; CAMPOS SX; VIEIRA EM. 2007. Caracterização das frações das substâncias húmicas de diferentes tamanhos moleculares. **Eclet. Quím**., 32: 49-56.

SANDOVAL-VILLA M; GERTAL EA; WOOD, C.W. 2000. Tomato leaf chlorophyll meter readings as affected by variety, nitrogen form, and nighttime nutrient solution strength. **Journal of Plant Nutrition**, v. 23. n. 5, p. 649-661.

SANTOS G de A; CAMARGO FAO. 1999. Fundamentos da matéria orgânica: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênesis, p. 69-90.

SANGEETHA M; SINGARAM P; GANDHI MS; PARAMASIVAM P. 2008. Quality characteristics of onion as influenced by lignite humic acid and inorganic fertilizers. Tamil Nadu Agr. Univ. Dept. Soil Sci & Agr Chem, Coimbatore 641003, Tamil Nadu, Índia.

SCHWIMMER S; WESTON WJ. 1961. Enzymatic development of pyruvic acid in onion as a measure of pungency. **Journal Agricultural and Food Chemistry, Columbus**, v.9, n.4, p. 301-304.

SENACE – 2009. Seminário Nacional de Cebola 21º. São José do Norte RS.

SHAPIRO CA. 1999. Using a chlorophyll meter to manage nitrogen applications to corn with high nitrate irrigation water. **Communications Soil Science Plant Analysis**, v. 30, n. 7/8, p. 1037-1049.

SANTOS GM; FARIA CMB; PINTO JM. 2005. SILVA E; TEIXEIRA LAJ; AMADO TJC. 1991.The increase in onion production in Santa Catarina State, South Brasil. **Onion Newsletter for the Tropics** 3: 7-9.

SOUZA JO; GRANGEIRO LC; SANTOS GM; COSTA ND; SANTOS CAF; NUNES GH. 2008. Avaliação de genótipos de cebola no Semi-Árido Nordestino. **Horticultura Brasileira** 26: 097-101.

WALL MM; CORGAN JN. 1992. Relationship between pyruvate analysis and flavor perception for pungency determination. **HortScience** 27: 1029-1030.

WU FB; WU LH; XU FH.1998. Chlorophyll meter to predict nitrogen sidedress equirements for short-season cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Field Crops Research**, v. 56, n. 3, p. 309-314.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

AVALIAÇÃO DE MELANCIA CULTIVADA NO VALE DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO SOB DIFERENTES MANEJOS DE ÁGUA

CARLOS ALBERTO ARAGÃO[1], HÉLDER CESAR PINTO[1], SÉRGIO OLIVEIRA PINTO DE QUEIRÓZ[1], BÁRBARA FRANÇA DANTAS[2]
1 - UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA/ UNEB; 2 - EMBRAPA SEMIÁRIDO
carlosaragao@hotmail.com

Resumo - O trabalho teve como objetivo avaliar diferentes manejos de água sobre a produção, qualidade dos frutos, eficiência do uso da água e margem de contribuição na cultura da melancia (Citrullus lanatus (Thunb.). Matsum. & Nakai), híbrido Top Gun, com espaçamento de 3 m X 0,8 m, com uma planta por cova e condução de um fruto por planta. A área do experimento foi de 954m^2 irrigado por gotejamento, com cobertura plástica do solo. O experimento foi realizado de maio a julho de 2009 no campo experimental da UNEB em Juazeiro-BA. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com nove blocos e três manejos de água, com 7 plantas por parcela. Os tratamentos consistiram na aplicação de três diferentes lâminas de irrigação: Método baseado na tensiometria; Tanque Classe A com leitura de 100% da lâmina e Tanque Classe A com leitura de 60% da lâmina. Os resultados mostraram que o tratamento tanque classe A 60% pode ser recomendado para a cultura da melancia sob condição de baixa disponibilidade de água para a irrigação; No manejo por tensiometria ocorreu o maior consumo de água durante todo o ciclo da cultura; O manejo tanque classe A 60 % obteve o menor consumo de água e a maior eficiência do uso da água; O manejo tensiometria proporcionou a maior produtividade quando comparado ao manejo tanque classe A 100%; Os componentes da qualidade do fruto pH, sólidos solúveis, espessura de casca, espessura de polpa, não foram afetados pelos diferentes manejos de água.

Palavras-chave: Citrullus Lanatus Thumb. Irrigação, Semi Árido.

I. INTRODUÇÃO

Na região do Vale do São Francisco a época mais propícia para o desenvolvimento da cultura da melancia compreende entre os meses de julho a dezembro, período mais seco e fora do período de chuvas, sendo imprescindível o uso de irrigação para suprir as necessidades hídricas da cultura.

A produção agrícola, independentemente da espécie cultivada, está diretamente relacionada com a intensidade e a freqüência das condições climáticas locais e com o potencial genético da cultivar utilizada. Para aumentar a produtividade, a qualidade dos frutos e reduzir os custos de produção é necessário à interação positiva entre ambiente e práticas culturais, incluindo o manejo da água, cobertura do solo e controle fitossanitário. O déficit hídrico afeta negativamente o crescimento da planta, com redução da atividade fotossintética e conseqüentemente queda na produtividade (Pimentel, 2004). Para minimizar as perdas de água para a atmosfera utiliza-se o filme de plástico de polietileno, que teve sua utilização difundida no Brasil a partir da década de 70, com o uso na cultura do morangueiro no estado de São Paulo (Goto, 1997).

O manejo da irrigação compreende um conjunto de procedimentos que devem ser adotados para assegurar o suprimento adequado de água à cultura, durante suas diferentes fases de desenvolvimento, de forma eficiente e econômica, reduzindo as perdas de água e nutrientes, porém sem redução do rendimento (Medeiros, 2004). Para o controle da irrigação pode-se utilizar informações oriundas da tensiometria, baseada na tensão da água no solo ou da evaporação do tanque classe A. A tensiometria que outrora possuía um custo relativamente alto, hoje está ao alcance de grande parte dos produtores. A evaporação do tanque classe A está relacionada à condição do solo sem ¨mulching¨, tornando-se necessário estudar a aplicabilidade dos dados à condição de cultivo da cultura sob filme plástico. As vantagens do uso da ¨mulching¨ plástico são apresentadas por Sampaio & Araújo (2001); destacando-se: Redução na oscilação da temperatura, conservação da estrutura do solo, minimização da lixiviação dos nutrientes, diminuição da presença de ervas invasoras, proteção do fruto ao contato direto com o solo, aumento da precocidade das colheitas, melhor manutenção da umidade devido a redução da evaporação na superfície do solo.

O nível tecnológico dos horticultores cresce a cada ano, com introdução de técnicas mais refinadas, tais como: a utilização de híbridos, o uso de irrigação localizada associada à fertirrigação, o uso racional de defensivos, a racionalização e monitoramento dos custos, resultando em aumento de produtividade, qualidade e redução nos custos de produção.

O objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes manejos de água na cultura da melancia com cobertura plástica do solo.

II. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nos meses de maio a julho de 2009, no Campo Experimental do Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais/ DTCS, da Universidade do Estado da Bahia/ UNEB, localizado no município de Juazeiro-BA. A média das temperaturas mínima, máxima e média observada no período de condução do experimento foi de respectivamente 19,6; 29,7 e 24,1 °C .

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com nove blocos e três manejos de água. Os

ISSN 1809-3957

tratamentos (manejos de água) consistiram da aplicação de três diferentes lâminas de irrigação: Método baseado na tensiometria; Tanque Classe A com leitura de 100% da lâmina e Tanque Classe A com leitura de 60% da lâmina.

Manejo da irrigação por tensiometria - Para o controle da lâmina d'água aplicada pelo método da tensiometria foram elaboradas no campo duas curvas características de retenção de água do solo. Para as profundidades de 0-20 e 20-40 cm. A profundidade efetiva do sistema radicular da cultura da melancia é de 40 cm (Marouelli *et al*, 1996). Para a aplicação da lâmina, considerou-se o valor obtido da soma das duas profundidades de solo (0-20 e 20-40 cm).

Para obtenção da curva característica usando tensiometria, utilizou-se a metodologia descrita por Marouelli, 1996.

Inicialmente os tensiometros foram preparados e testados da seguinte maneira:

Remoção da tampa e enchimento do tensiometro com água destilada e fria; A cápsula porosa foi saturada em um balde com água durante dois dias; Com uma bomba de vácuo, a água foi succionada através da cápsula para saturar completamente os poros; Completou-se o tensiometro com água e fechou-se a tampa em seguida; Os tensiometros ficaram expostos ao ar, pendurados e quando a leitura atingiu 50 kPa foram imersos em um balde de água, obtendo-se leitura imediata de 0-10 kPa.

Em seguida, houve a escolha do local para instalação e monitoramento dos tensiometros. No local escolhido, que representava bem as características do solo da área do experimento, selecionou-se uma área de um metro quadrado, demarcado por um caixote de tábuas sem o fundo, medindo 1 X 1 X 0,4 m de profundidade. Esse solo foi saturado com água e em seguida cinco tensiometros foram inseridos no solo da área demarcada. As leituras de tensão foram obtidas pela inserção do tensímetro digital na tampa hermética do tensiometro (valor médio da leitura dos cinco tensiometros) obteve-se o potencial mátrico em kPa, Iniciou-se a leitura, a partir do valor 6 kPa com leituras diárias, as sete horas da manhã. Os dados foram coletados até alcançar a leitura de 50 kPa do tensímetro.

A cada leitura do tensímetro, foi coletado simultaneamente uma amostra de solo, com auxílio de um anel volumétrico medindo 4,7 cm de altura e 5.0 cm de diâmetro, com volume de 92,28 cm³, pesada em balança digital com precisão de ±0.01g, obtendo-se o peso úmido da amostra. Em seguida a amostra foi colocada para secar em estufa a 105°C durante 48 horas para que fosse obtido o peso seco da amostra (P.seco), e em seguida calculou-se a umidade a base do peso. Os dados foram lançados em um gráfico, utilizando-se o programa Excel, encontrou-se a equação de regressão com o melhor coeficiente de determinação para cada curva gerada.

A frequência de irrigação foi estabelecida de maneira que não permitisse que a tensão da água no solo fosse superior a 30 kPa. Foi aplicada uma lâmina de água suficiente para deixar o solo na capacidade de campo (10 kPa) sempre que a umidade crítica fosse atingida.

Manejo da irrigação através do tanque Classe A 100% - A quantidade de água aplicada foi calculada em função dos dados da evaporação fornecidos por um tanque classe A e do coeficiente cultural. A freqüência de irrigação diária foi adotada, para repor a água evapotranspirada no dia anterior.

Manejo da irrigação através do tanque Classe A 60% - Os procedimentos adotados foram os mesmos para o manejo do tanque classe A 100%, com a aplicação de 60 % da lâmina total final.

A cultivar plantada foi o híbrido Top Gun. As mudas foram semeadas em bandejas plásticas de polipropileno de 96 células, utilizando-se o substrato comercial Plantmax, distribuindo uma semente por célula. As bandejas foram irrigadas diariamente. O espaçamento adotado foi de 3 m entre as linhas e 0,8 m entre as plantas, com uma área total de 954m^2, com onze linhas de plantio, sendo que nove linhas corresponderam à área útil do experimento e duas linhas (das extremidades) foram bordaduras. Em cada linha foram plantadas 35 plantas, cada parcela era constituída de sete plantas.

O solo da área do ensaio é classificado como Neossolo flúvico com as características químicas e físicas na camada de 0-20 cm: K = 0,25 cmol$_c$/dm^{-3}; Ca = 4,4 cmol$_c$/dm^{-3} Mg = 0,9 cmol$_c$ /dm^{-3} Na = 0,02 cmol$_c$/dm^3; P = 26,6 mg/dm^{-3}; areia = 536 g kg^{-1}; silte = 365 g kg^{-1}; argila = 99 g kg^{-1} e 6,6 de pH em H_2O.

O preparo do solo constou de uma aração, gradagem, sulcamento, distribuição de adubo orgânico, confecção dos camalhões, distribuição das mangueiras de irrigação e colocação do "mulching" plástico sobre os camalhões. A adubação para o experimento foi realizada de acordo com a análise química do solo. O fósforo foi aplicado de uma só vez, na adubação de plantio, na forma de MAP na dose 40 Kg/ha. O N (50 Kg.ha^{-1}) e K (80 Kg.ha^{-1} de K_2O) foram aplicados parceladamente a cada oito dias, durante todo o ciclo da cultura, em cobertura via fertirrigação, utilizando um injetor do tipo Venturi. O sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento, com uma linha de gotejo por linha de plantio. O espaçamento entre gotejadores foi de 0,30 m entre sí, com vazão total de 3, 083 litros. s^{-1}. ha^{-1}. A fertirrigação foi efetuada durante 50% do tempo total da irrigação. O início da operação foi executado após transcorrido 25% do tempo de inicio da irrigação, para que houvesse a estabilização do sistema e finalizado nos 25% finais da irrigação para que houvesse a eliminação de resíduos salinos da tubulação e ocorresse a infiltração dos fertilizantes no solo. A freqüência de fertirrigação foi ajustada com os dias de irrigação nos diferentes tratamentos.

O controle fitossanitário foi feito preventivamente, conforme preconizado para a cultura região desde a fase de muda até a colheita.

As colheitas dos frutos foram realizadas aos 61 e 65 dias após o transplantio. As características avaliadas foram: produção por planta; de produção comercial; produção total e número de frutos por planta foram determinados com todas as plantas das parcelas. Depois foram coletados aleatoriamente três frutos por parcela para determinação de peso médio; comprimento e diâmetro de frutos; espessura de polpa; espessura de casca; sólidos solúveis; firmeza da polpa e pH. Também foram determinadas as massas frescas e secas da parte aérea das plantas. A Eficiência no uso da água foi determinada através da equação de Doorenbos & Kassam, 2000.

Os dados de componentes de produção e qualidade de frutos submetidos à análise de variância com auxílio do Programa SAS e as médias comparadas entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

ISSN 1809-3957

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1, estão apresentados os dados médios dos componentes da qualidade dos frutos de melancia submetidos a três manejos de água. Verifica-se que na avaliação dos parâmetros organolépticos: Sólidos solúveis e pH, que são responsáveis pelo sabor do fruto (Chitarra & Chitarra, 2005) não apresentaram diferenças significativas, quando as plantas foram submetidas aos diferentes tratamentos. Resultados semelhantes foram obtidos por Teodoro *et al*. (2004) quando estes avaliaram diferentes lâminas de irrigação aplicadas por gotejamento na cultura da melancia. Medeiros *et al*. em 2008, trabalhando com melancia sob diferentes lâminas de irrigação, verificaram que os teores de sólidos solúveis foram afetados por diferentes lâminas, sem que houvesse nenhuma interferência nos valores de acidez e pH da polpa.

Os teores de sólidos solúveis apresentados nos diferentes manejos de água de irrigação (Tensiometria 11,43 °brix, Tanque classe A 60% 11,20 °brix e Tanque classe A 100% 10,87 °brix) diferiram da média obtida por Durigan *et al*, 2007, em frutos de melancia cv. Top Gun procedentes de Itápolis (SP) coletadas na área de cultivo com média de 9,73 °Brix. Srinivas *et al*. (1989); Teodoro *et al*. (2004); Erdem *et al*. (2005) e Gonzalez *et al*. (2009) não observaram diferenças significativas para sólidos solúveis total em melancias quando compararam diferentes níveis de reposição de água no solo. Câmara *et al*. (2007) reportaram que em uma pesquisa com diferentes lâminas de irrigação para a cultura do melão, no período chuvoso na região de Mossoró-RN, a característica sólidos solúveis também não diferiram estatisticamente entre os tratamentos. Os mesmos autores atribuem que as diferentes lâminas de água aplicadas nos diferentes tratamentos foram mascaradas pelas chuvas ocorridas no período do ensaio e que, os excessos de água também promoveram diluição nos sólidos solúveis dos frutos.

As características espessura de casca e espessura de polpa, como podem ser vistas na tabela 1, que estão relacionadas à integridade dos frutos durante o transporte e conseqüentemente na sua preservação no período de pós-colheita (Silva *et al*, 2007) não apresentaram diferença significativa entre os manejos de água, semelhante a resultados encontrados por Câmara *et al*., (2007) em trabalho com a na cultura de melão.

Verifica-se na tabela 2, que as características comprimento de frutos, comprimento do ramo principal, massa fresca e seca de parte aérea das plantas não foram afetadas pelas diferentes lâminas de água aplicadas as plantas.

O comprimento de frutos do presente estudo teve como média geral 27,0 cm para todos os tratamentos empregados, discordando de Teodoro *et al*. (2004) que reportaram em trabalho semelhante com a cultura da melancia da cv. Crimson Sweet submetida a diferentes lâminas de irrigação que o comprimento dos frutos aumentou significativamente, de acordo com aumento de volume de água aplicado.

A variável diâmetro do fruto mostrou-se estatisticamente superior, para o manejo baseado na tensiometria (24,03 cm) quando comparado com o manejo realizado através das leituras do tanque classe A 100% (22,28 cm), sendo que as plantas irrigadas com 60% da leituras do tanque classe A mostraram-se intermediarias aos dois tratamentos acima citados. Essa característica foi determinante para proporcionar as maiores produtividades, considerando-se que todas as plantas dos diferentes tratamentos apresentaram um fruto por planta de média (Tabela 2).

Segundo os produtores de melancia da região do Vale do Submédio São Francisco, a cultivar Top Gun apresenta normalmente um fruto por planta nessa região independente de época de plantio. No manejo por tensiometria, o peso do fruto foi maior em comparação ao manejo tanque classe A 100%, também contribuindo de forma decisiva para o comportamento das maiores produtividades comerciais encontradas nos manejos de água através de tensiometria e tanque classe A (60%), tendo como médias de 30,98 e 27,02 $t.ha^{-1}$, respectivamente. Ao passo que a produtividade média quando empregada a lâmina de 100% do tanque classe A, foi de 26,14 $t.ha^{-1}$ (Tabela 2).

Erdem *et al*. (2005), em trabalho com cinco níveis de irrigação combinados com estresse hídrico na cultura da melancia, na região semi-árida de Tekirdag naTurquia (latitude 40°59' e longitude 27°29') não observou diferença entre os tratamentos para as característica diâmetro e comprimento de frutos, como também para a espessura de casca.

Não se observou diferença estatística entre os tratamentos com manejo de água usando a tensiometria e tanque classe A 60%, mesmo com um incremento de 27,42 % no volume total de água aplicada no tratamento tensiometria em comparação a tanque classe A 60%, durante todo ciclo da melancia (Figura 1). Srinivas *et al*.,1989; Teodoro *et al*., 2004; Erdem *et al*., 2005; Gonzalez *et al*., 2009; Kirnak *et al*., 2009; Melo *et al*., 2010 em trabalhos com melancia e Ertek *et al*., 2006, trabalhando com pepino, obtiveram maiores produtividades a medida em que aumentaram a lâmina de água aplicada.

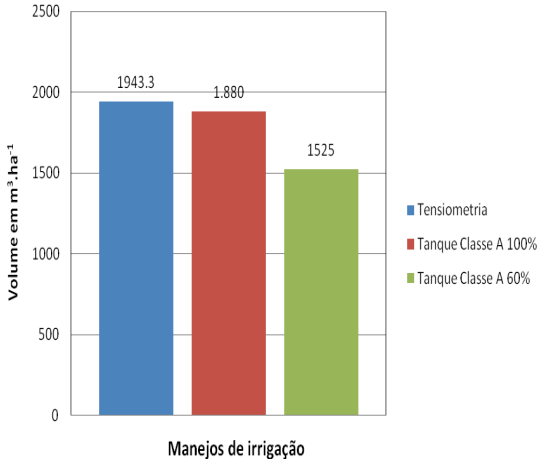


Figura 1 - Volume de água aplicada em $m^3.ha^{-1}$ em todo ciclo da cultura da melancia da cv. Top Gun, submetida a três diferentes manejos de irrigação. Juazeiro-BA, 2009

Acredita-se que, o tratamento empregado as plantas com base nos dados do tanque classe A 60%, que teve por sua vez o menor consumo de água (1525 m^3. ha^{-1}) não sofreu estresse hídrico, de acordo os dados apresentados de produtividade, peso de frutos e diâmetro de frutos, não diferindo estatisticamente do melhor tratamento (tensiometria), como pode ser visualizado na tabela e figura 1.

ISSN 1809-3957

Tabela 1 - Resultados médios de sólidos solúveis (SS); pH; Espessura de casca nas regiões do pedúnculo (PD), laterais (L1 e L2) e cicatriz floral (CIC) e espessura de polpa no comprimento (C) e largura de melancia submetida a três manejos de água. Juazeiro-BA, 2009.

Manejos de água	SS (°brix)	pH	Espessuras de casca (mm)				Espessura de polpa (mm)	
			PD	L1	CIC	L2	C	L
Tensiometria	11,43 a	4,80 a	2,81 a	1,33 a	0,95 a	1,24 a	24,00 a	20,60 a
Classe A (60%)	11,20 a	4,79 a	2,51 a	1,22 a	0,92 a	1,22 a	21,94 a	19,90 a
Classe A (100%)	10,87 a	4,82 a	2,53 a	1,22 a	0,82 a	1,21 a	23,88 a	20,56 a
C.V (%)	7,34	2,37	12,94	11,46	15,63	19,92	7,46	4,33

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre sí pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade

No manejo tensiometria, a água foi aplicada sempre que atingiu uma tensão máxima (30 kPa) que é indicada para a cultura da melancia (Marouelli *et al*.,1996), fornecendo uma lâmina adequada ao longo de todo ciclo da cultura em estudo. A tensiometria mede o teor de água instantâneo no solo, descartando a interferência da barreira física causada pelo plástico. A reposição hídrica manteve o solo dentro de um nível ótimo de umidade poupando a planta de stress por déficit ou excesso de água, demandando um mínimo de esforço para manter-se hidratada.

Nos tratamentos Tanque classe A 60% e Tanque classe A 100%, no cálculo da Evapotranspiração de cultivo (Etc) não foi levada em consideração a interferência do mulching plástico e padronizou-se o coeficiente de cultivo (Kc) no valor 1 (um), durante todo o ciclo cultural. Em decorrência desse ajuste, no tratamento com irrigação baseada no tanque classe A 100%, provavelmente houve excesso de água na zona das raízes, durante uma das fases críticas de desenvolvimento da planta que causa baixa oxigenação na rizosfera. A deficiência mesmo temporária, de oxigênio no solo induziu a uma provável hipoxia, que por sua vez, promove alterações em praticamente todo o metabolismo da planta, especialmente a respiração celular oxidativa, que dele necessita fotossíntese, metabolismo dos açúcares e metabolismo das proteínas, especialmente as funcionais (enzimas) e, desta forma, o crescimento e o desenvolvimento das plantas, que ficam comprometidos (Sairam *et al*., 2008).

Não se verificou diferença estatística para a massa fresca e seca da parte aérea e comprimento do ramo das plantas, diferente de Srinivas (1986); Gonzalez *et al*., (2009) e Kirnak *et al*., (2009) que encontraram valores no teor de matéria seca e fresca crescente com o aumento da lâmina de água aplicada a melancieira (Tabela 2).

A eficiência do uso da água (EUA) demonstrada na figura 2 é um parâmetro que se refere ao rendimento total da colheita por unidade de água utilizada ao fim do ciclo da cultura (Doorembos & Kassam, 2000). No manejo de água baseado no tanque classe A 60% obteve-se uma EUA na ordem de 17,72 $Kg.m^{-3}$, enquanto na tensiometria foi de 15,94 $Kg.m^{-3}$ e no tanque classe A 100% foi de 13,91 $Kg.m^{-3}$. Evidenciando uma diferença significativa entre os manejos, sobressaindo-se o manejo no tanque classe A 60% como mais eficiente (Figura 2). Srinivas *et al*.(1989) obteve a maior EUA em melancia no cultivo tradicional, sem utilização da cobertura plástica, com a reposição de 100% da lâmina do tanque classe A; Erdem *et al*. 2005, também trabalhando com a cultura da melancia não encontrou diferença significativa, ao avaliar cinco lâminas de água. O excesso de água na zona das raízes no manejo tanque classe A 100%, durante alguma fase fenológica crítica do cultivo da melancieira, pode justificar os menores resultados do EUA, com menor produtividade e maior consumo de água em comparação ao manejo tanque classe A 60%.

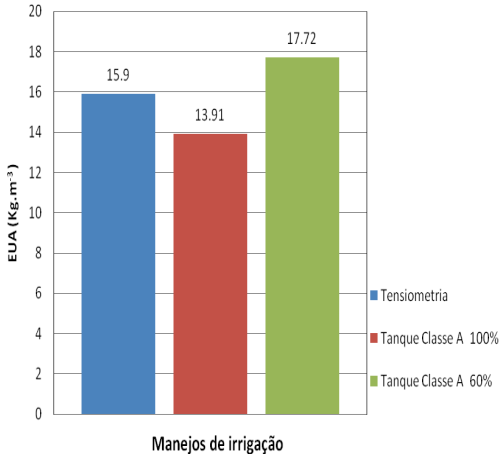


Figura 2 - Eficiência do uso da água (EUA) em $Kg.m^{-3}$ e lâmina total de água aplicada na cultura da melancia da cv. Top Gun submetida a três diferentes manejos de irrigação. Juazeiro-BA, 2009

ISSN 1809-3957

Tabela 2 - Resultados médios de produtividade comercial (PC); peso médio de frutos (PMF); diâmetro de fruto (DF); comprimento de fruto (CF);comprimento de ramo (CR); massa fresca (MFPA) e massa seca (MSPA) de melancia submetida a três manejos de água. Juazeiro-BA, 2009.

Manejos de água	PC ($t.ha^{-1}$)	PMF (Kg)	DF (cm)	CF (cm)	CR (cm)	MFPA ($kg.planta^{-1}$)	MSPA ($kg.planta^{-1}$)
Tensiometria	30,98 a	7,43 a	24,03 a	27,95 a	3,16 a	1,59 a	1,17a
Classe A (60%)	27,02 ab	6,48 ab	23,56 ab	25,88 a	3,37 a	1,48 a	1,07a
Classe A (100%)	26,14 b	6,28 b	22,28 b	27,18 a	3,18 a	1,48 a	1,07a
C.V (%)	15,66	15,66	5,54	7,46	18,36	11,38	11,55

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre sí pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Presume-se que o manejo de água com base no tanque classe A 60%, associado à cobertura plástica do solo e as temperaturas médias atingidas durante o ensaio, possam ter melhorado as condições de disponibilidade de água para as plantas, promovendo provavelmente uma condição de umidade próxima à capacidade de campo, que é a ideal para o desenvolvimento das plantas. Em condições de cultivo irrigado sob restrições hídricas, esses dados podem ser utilizados como parte de uma estratégia ótima de irrigação para a cultura da melancia, num modelo semelhante ao que foi sugerido por Andrade Júnior em 2001.

IV. CONCLUSÕES

O manejo de água com base no tanque classe A 60% pode ser recomendado para a cultura da melancia sob condição de cobertura de solo com plástico, para o primeiro semestre do ano no Submédio do São Francisco; O manejo tanque classe A 60 % foi o que apresentou o menor consumo de água e a maior eficiência do uso da água; O manejo tensiometria proporcionou a maior produtividade quando comparado ao manejo tanque classe A 100% e o pH, sólidos solúveis, espessura de casca, espessura de polpa, não foram afetados pelos diferentes manejos de água.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE JÚNIOR AS; FRIZZONE JE; BASTOS EA; CARDOSO MJ; RODRIGUES BHN. 2001. Estratégias ótimas de irrigação para a cultura da melancia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 36: 301-305.

AZEVEDO BM; BASTOS FGC; VIANA, TVA; RÊGO JL; D´AVILA JHT. 2005. Efeitos dos níveis de irrigação na cultura da melancia. **Revista ciência agronômica**. 36:9-15.

CAMARA MJT; NEGREIROS MZ; MEDEIROS JF; BEZERRA NETO; BARROS JÚNIOR APB. 2007. Produção e qualidade do melão amarelo influenciado por cobertura de solo e lâminas de irrigação no período chuvoso. **Ciência Rural**. 37:58-63.

CHITARRA MI; CHITARRA AB. 2005. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras: UFLA. 785 p.

DOORENBOS J; KASSAM J. Efeito da água no rendimento das culturas. 2000. Tradução de GHEYE RH; SOUZA AA; DAMASCENO FAV; MEDEIROS JF. Campina Grande: UFPB, 221p.

DURIGAN MFB; MATTIUZ BH. 2007. Injúrias mecânicas e seus efeitos na qualidade de melancias armazenadas em condição ambiente. **Horticultura Brasileira**. 25:296-300.

ERDEM Y; ERDEM T; ORTA AH; OKURSOY H. 2005.Irrigation Scheduling for watermelon with crop Waters stress index (CSWI). **Journal of Central European Agriculture**. 23:449-460.

ERTEK A; SENSOY S; GEDIK I; KÜÇÜKYUMUK C. 2006. Irrigation scheduling based on pan evaporation values for cucumber (Cucumis sativus L.) grown under field conditions. **Agricultural Water Management**. 81:159-172.

FAO. Faostat agriculture data for 2007. 2009, 13 de junho. Agriculture production, crops. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor

GOMES FS. 2007. Carotenóides: uma possível proteção contra o desenvolvimento de câncer. **Revista Nutrição**. 20: 537-548.

GONZÁLEZ AM; BONACHELA S; FERNÁNDEZ MD. 2009. Regulated deficit irrigation in Green bean and watermelon greenhouse crops. **Scientia Horticulturae**. 122:527-531.

GOTO R. 1997. Plasticultura nos trópicos: uma avaliação técnico-econômica. **Horticultura Brasileira**. 15: 163-65.

KIRNAK H; DOGAN, E; BILGEL L; BERAKATOGLU K. 2009. Effect of preharvest deficit irrigation on second crop watermelon grown in a extremely hot climate. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**. 135:141-148.

MAROUELLI WA; SILVA WLC; SILVA HR. 1996. Manejo da irrigação em hortaliças. 5ª ed. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças. 72 p.

MAROUELLI WA. 2008. Tensiometros para o Controle de Irrigação em Hortaliças. Brasília: Embrapa Hortaliças. 15p. (Embrapa Hortaliças. circular técnica 57).

MEDEIROS RD; ALVES AB; MOREIRA MAB; ARAÚJO WF; OLIVEIRA JUNIOR JOL; 2004. Irrigação e manejo de água para a cultura da melancia em Roraima.Boa Vista: Embrapa Roraima. 8 p.(Embrapa Roraima. circular técnica 01).

MELO AS; SUASSUNA JF; FERNANDES PD; BRITO MEB; SUASSUNA AF; NETTO AOA. 2010. Crescimento vegetativo, resistência estomática, eficiência fotossintética e rendimento do fruto da melancieira em diferentes níveis de água. **Acta Scientiarum Agronomy**. 32: 73-79.

PIMENTEL D; BERGUER B; NEWTON M; WOLFE B; KARABINAKIS E; CLARK S; POON E; ABBETT E; NANDAGOPAL S. 2004. Water Resources: Agricultural and Environmental Issues. **Bioscience**. 54: 909-918.

SAIRAM RK; KUMUTHA D; EZHILMATHI K; DESHMUKH OS; SRIVASTAVA GC. 2008. Physiology

and biochemistry of waterlogging tolerance in plants. **Biologia Plantarum** 52: 401-412.
SAMPAIO RA; ARAÚJO WF. 2001. Importância da cobertura plástica do solo sobre o cultivo de hortaliças. **Agropecuária Técnica**. 22: 1-12.
SILVA ML; QUEIROZ MA; FERREIRA MAJF; ARAGÃO CA. 2007.Variabilidade genética de acessos de melancia coletados em três regiões do Estado da Bahia. **Caatinga**. 20: 93-100.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

EFEITO DA BANDA-MORTA NO COMPORTAMENTO DE REGULADORES DE VELOCIDADE DE TURBINAS HIDRÁULICAS

LUIZ RENATO GOMES[1], CLÁUDIO HOMERO FERREIRA DA SILVA[2]
1 – LUIZ RENATO GOMES - ME; 2 – CEMIG GERAÇÃO E TRANSIMISSÃO SA
chomero@cemig.com.br

***Resumo** - Este artigo tem por finalidade apresentar os resultados de estudos realizados no sentido de verificar a ação de não linearidades do tipo faixa morta presentes em sistemas de regulação de velocidade e a interferência destas no comportamento geral do regulador. É também levantada a questão relativa à forma de medição de faturamento de intercâmbio em sistemas de potência interligados onde pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) encontram-se diretamente acopladas quando os efeitos da banda-morta de frequência são considerados.*

***Palavras-chave:** Banda Morta. Modelagem de Máquinas Rotativas. Regulador de Velocidade.*

I. INTRODUÇÃO

A questão da presença de não linearidades em sistemas de regulação não é coisa nova e nem desconhecida da literatura de controle. Em geral os sistemas de controle apresentam não linearidades em praticamente todos os seus estágios sendo presumível a representação em modelagem das partes lineares e não lineares de modo separado. O tratamento da modelagem, considerando-se os aspectos não lineares de um determinado sistema de controle, é fato e pode ser melhor entendido em [1]. Os sistemas de regulação de velocidade, na prática, são formados por um conjunto de dispositivos que podem ser representados, segundo o interesse do estudo a ser desenvolvido, por um sistema de característica puramente linear, ou por um sistema de característica linear, porém com algumas funções não lineares. Nos reguladores de velocidade, quando os efeitos de não linearidades são desprezados por qualquer motivo, a realidade apresentada pelo modelo é limitada. Existem, segundo [1], dois tipos de não linearidade sob a forma de representação: não linearidades *soft* e não linearidades *hard*. As não linearidades tipo *soft* compreendem efeitos de não linearidades sem descontinuidade na função temporal, enquanto que as não linearidades tipo *hard* se caracterizam pela presença de descontinuidade na função temporal. As não linearidades *soft* podem ser aproximadas para funções lineares com razoável precisão, sob certas circunstâncias, fato que não pode ser confirmado para a representação de não linearidades do tipo *hard*. Em sistemas de regulação, em geral, mas especialmente em sistemas de regulação de velocidade, principalmente em sistemas compostos de reguladores puramente mecânicos, a presença de não linearidades tipo *hard* ocorre pela existência de limitadores de abertura e por efeito negativo de banda-morta oriundo da ação do atrito amortecedor presente nas válvulas de comando e da ação de folgas em geral. O problema da banda-morta é mais grave por se tratar de uma não linearidade tipo *hard* que além da questão do atrito viscoso pode estar sendo amplificada por problemas tais como perda de pressão de serviço do óleo de acionamento ou pela presença de sujeira depositada na válvula proporcional e no servomotor piloto. Normalmente a situação mais crítica ocorre quando a sujeira fica depositada nas aletas de pêndulos centrífugos (quando existirem) e no *spool* da válvula proporcional. A sujeira encontrada em sistemas de regulação de velocidade pode ser proveniente de processo específico de degradação do óleo de acionamento com a formação de borra.

Este trabalho tem por finalidade analisar o impacto provocado pela presença de não linearidades que se manifestam na forma de banda-morta sobre o comportamento geral do regulador de velocidade de turbinas hidráulicas demonstrando que há necessidade de se avaliar o estado operativo do conjunto regulador o que traz embutido um elemento de avaliação da qualidade do controle automático da geração. Será mostrado também que em reguladores de velocidade, independentemente se são mecânicos ou eletrônicos, problemas com a presença de bandas-mortas, podem afetar negativamente até o processo de faturamento implicando em perda de receita para as empresas.

II. A REGULAÇÃO DE VELOCIDADE EM REGIME PERMANENTE NA CONDIÇÃO REDE INTERLIGADA

A operação em rede interligada de uma turbina hidráulica pode ser, de maneira simplificada, representada pelo sistema apresentado na Figura 1. Trata-se de um diagrama em blocos genérico de um sistema de regulação onde apenas os efeitos do regulador de velocidade foram considerados [2]-[5].

A Figura 1 mostra um sistema de regulação de velocidade típico de uma turbina hidráulica onde se encontram representados dois blocos contendo não linearidades do tipo *hard*. A primeira não linearidade trata-se do bloco que reúne os efeitos na forma de uma banda-morta, enquanto a segunda trata-se do bloco que reúne os efeitos da limitação intrínseca da velocidade do servomotor do distribuidor.

ISSN 1809-3957

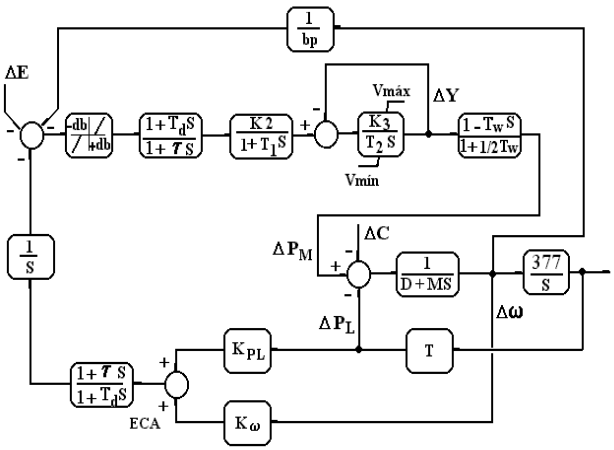


Figura 1 - Sistema de Regulação de Velocidade de uma Turbina Hidráulica em pu

As variáveis apresentadas no diagrama de bloco e utilizadas no equacionamento são:

K2 : ganho da amplificação hidráulica do primeiro estágio em pu/pu
K3 : ganho da amplificação hidráulica do segundo estágio em pu/pu
T1 : constante de tempo de integração da válvula piloto ou proporcional em s
T2 : constante de tempo de integração do servomotor principal em s
Td : constante de tempo da realimentação transitória em s
τ : constante de tempo de escoamento do regulador em s
Tw : constante de tempo associada à inércia da água na tubulação em s
bp : valor da queda permanente do regulador de velocidade em pu/pu
bpe : valor da queda permanente do regulador de velocidade com banda-morta em pu/pu
bps : valor da queda permanente do sistema de potência em pu/pu
db : valor da banda-morta em pu
dbf : valor da banda-morta referido à freqüência em pu
dbe : valor da banda-morta referido ao sinal de erro na referência do regulador em pu
M : constante de tempo associada à inércia do conjunto girante M = 2H em s
D : coeficiente de amortecimento do sistema em pu/pu
T: coeficiente de torque sincronizante em pu/rad
Vmáx: velocidade máxima do servomotor em pu/s
Vmín: velocidade mínima do servomotor em pu/s
Kω: coeficiente de proporcionalidade da frequência em pu/pu
KLP: coeficiente de proporcionalidade da potência na linha de transmissão em pu/pu
ΔE : variação de entrada de rotação em pu
ΔC : variação de carga em pu
Δω : variação da rotação em pu
ΔY : variação do curso do distribuidor em pu
ΔPm : variação da potência mecânica em pu
ΔPL : variação da potência elétrica na linha de interligação entre máquina e sistema em pu
ECA: variável erro de controle de área
t : variável independente tempo
S : variável da transformada de Laplace

A equação 01, em por unidade, descreve a lei geral da regulação de velocidade para o sistema da figura 1 com a variação da velocidade para uma correspondente variação de potência ativa, considerando-se a condição operativa em regime permanente.

$$\frac{\Delta\omega(s)}{\Delta P(s)} = \frac{1}{\frac{1}{b_p} + D} \qquad (01)$$

A Figura 2 mostra, de maneira gráfica, as funções que regem a equação 01 onde os parâmetros "queda transitória" e "coeficiente de amortecimento" estão caracterizados [6].

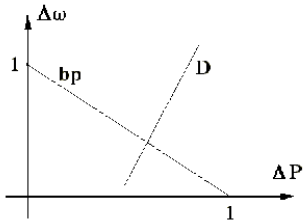


Figura 2 - Gráfico da Função Freqüência versus Potência em Rede Interligada em pu

III. A REGULAÇÃO DE VELOCIDADE E A AÇÃO DA BANDA-MORTA

A questão da banda-morta em reguladores de velocidade é uma realidade por isto mesmo a sua desconsideração nos estudos de modelagem deverá ser avaliada com cuidado.

Os valores para a banda-morta são estipulados em documentação ligada à especificação técnica do regulador de velocidade por ocasião da compra e normalmente são exigidos limites tais que a faixa permitida fique entre 0,01% e 0,5%, mesmo assim tais valores são apenas teóricos [7]-[8].

Quando se insere o efeito da banda-morta dentro do diagrama geral de regulação o que na realidade se quer obter é o comportamento geral do equipamento regulador em função de uma não linearidade analisada sob a forma matemática. A colocação da ação da banda-morta entre o sinal de erro de frequência e o bloco matemático do regulador também pressupõe o efeito final no sinal do erro de frequência. Isto se trata de uma interpretação dos fatos. O valor da banda-morta é normalmente referenciado ao valor nominal da frequência de rotação da máquina, o que em outras palavras quer dizer que a banda-morta pode ser referenciada ao sinal de frequência mesmo que isto tenha a ver com não linearidades de componentes mecânicos. Para que as referências não venham a gerar dúvidas foi estabelecido, neste trabalho, que o valor de banda-morta definido para a frequência será chamado de valor de banda-morta em frequência e que este mesmo valor terá seu correspondente valor referido ao sinal de erro do regulador de velocidade que por sua vez será chamado de valor de

ISSN 1809-3957

banda-morta efetivo e ambos guardarão a seguinte relação já em por unidade:

$$dbe = \frac{1}{bp} db \qquad (02)$$

Considerando-se apenas a regulação inerente ao regulador de velocidade em si, a nova equação que regerá a lei da regulação será:

$$\frac{\Delta\omega(s)}{\Delta P(s)} = bp \qquad (03)$$

Em regime permanente, considerando a presença da banda-morta concentrada no parâmetro "db", tem-se, para o regulador de velocidade, a segunda equação da regulação em por unidade com base na Figura 1.

A equação 04 mostra a agregação do conceito de banda-morta em freqüência como uma subtração do parâmetro "db", referente ao valor da banda-morta em freqüência, do próprio sinal de freqüência. Essa proposição foi apresentada por L. Kirchmayer [6].

$$\Delta P = \frac{1}{bp} \left(\Delta\omega - db \right) \qquad (04)$$

Em função da banda-morta ser tratada como uma ação sobre o sinal de frequência o valor efetivo da queda permanente para o regulador de velocidade será dado por uma nova relação que será obtida a partir do desenvolvimento seguinte:

$$\Delta\omega = bp\Delta P + db_f \text{ em pu} \qquad (05)$$

A partir da equação 05 pode-se definir um novo conceito para o parâmetro queda permanente efetiva "bpe".

$$bpe = \frac{\Delta\omega}{\Delta P} = bp + \frac{1}{\Delta P} bp_f = bp\left(1 + \frac{db_f}{bp\Delta P}\right) \text{ em pu/pu} \qquad (06)$$

Finalmente, considerando-se os efeitos de amortecimento da carga concentrados no parâmetro "D", vem:

$$bps = \frac{\Delta\omega}{\Delta P} = \frac{1}{\frac{1}{bpe} + D} = \frac{bp\left(1 + \frac{db_f}{bp\Delta P}\right)}{1 + bpD\left(1 + \frac{db_f}{bp\Delta P}\right)} \text{ em pu/pu} \qquad (07)$$

Resumindo:

$$bp_S = \frac{bpe}{1 + Dbpe} \text{ em pu/pu} \qquad (08)$$

IV. ESTUDOS DE SIMULAÇÃO CONSIDERANDO-SE OS EFEITOS DA PRESENÇA DE BANDA-MORTA

Basicamente as conclusões deste capítulo têm a ver com os resultados da simulação realizada em cima do modelo genérico da Figura 1 extraído diretamente do programa que é utilizado para estudos do sistema de regulação de velocidade da usina de Emborcação, da Cemig, 4 x 284 MW.

Para efeito de estudo e simulação o quadro 1 traz os valores do modelo de Emborcação considerando-se a simplificação do modelo genérico apresentado na figura 1 e adotado no presente artigo.

Quadro 1 – Valores dos parâmetros do modelo.

Tubulação Adutora
Constante de inércia da água Tw = 1,55 s para Pn = 284 MW
Turbina
Potência nominal 303 MW
Rotação mecânica nominal ωn = 138,5 rpm
Gerador
Potência aparente nominal 284 MVA
Frequência nominal 60 Hz
Conjunto Girante
Constante de inércia H = 5,215 s (M = 10,43 s) para Pn = 284 MW
Regulador de Velocidade
Ganho da amplificação hidráulica do primeiro estágio K2 = 1 pu/pu
Ganho da amplificação hidráulica do segundo estágio em K3 = 1 pu/pu
Constante de tempo de integração da válvula piloto T1 = 0,13 s
Constante de tempo de integração do servomotor principal T2 = 0,20 s
Constante de tempo da queda transitória Td = 4,2 s
Constante de tempo de escoamento do regulador τ = 42 s
Valor da banda-morta referido a freqüência dbf = +/- 0.05 %
Valor da queda permanente do regulador de velocidade bp = 0,05 pu/pu
Velocidade máxima do servomotor Vmáx = + 0,117 pu/s
Velocidade mínima do servomotor Vmín = - 0,159 pu/s
Carga e Rede Elétrica
Coeficiente de amortecimento D = 2,0 pu/pu
Coeficiente de torque sincronizante T = 2,52 pu/rad
Coeficiente de proporcionalidade da freqüência Kω = 0,1 pu/pu
Coeficiente de proporcionalidade da potência na linha KLP = 0,1 pu/pu

Base de Valores: Potência Nominal Pn = 284 MW para Abertura do Distribuidor Nominal Yn = 308 mm

Para o presente estudo foram considerados alguns valores para a banda-morta escolhidos em função de algumas medições realizadas através de ensaios de campo em alguns reguladores de velocidade utilizados em algumas usinas da Cemig, entre eles os reguladores das usinas de Martins, 4 x 2,75 MW, de Emborcação, 4 x 284 MW, de Miranda 3 x 136 MW. Também foi levada em conta a faixa de valores especificada pela Cemig para os reguladores de velocidade de Emborcação, referência 10, e para o regulador de Miranda [8].

A simulação realizada é mostrada na Figura 3 sendo adotados três valores para a banda-morta de frequência, a saber, +/- 0,0051 Hz ⇒ +/- 0,0085%; +/- 0,0034 Hz ⇒ +/- 0,017%; +/- 0,102 Hz ⇒ +/- 0,17% e 0.

Na simulação, o bloco relativo à ação da banda-morta foi colocado entre o sinal de erro de frequência e o bloco referente ao regulador de velocidade, ver Figura 1. Esta opção também foi uma proposição adotada nas referências [6],[9.]

ISSN 1809-3957

É interessante observar na Figura 3 que as 4 respostas dependem diretamente do valor absoluto dado à banda-morta. Para um degrau de 1% na referência do regulador de velocidade simplesmente não houve qualquer ação por parte do regulador quando o valor da banda-morta foi superior ao valor do degrau aplicado. A curva 4 mostra o que foi dito anteriormente para um valor da banda-morta em frequência de +/- 0,17%. Na medida em que o valor da banda-morta foi reduzido as respostas das curvas 3, 2 e 1 já podiam ser vistas. A curva 3 mostra a resposta ao degrau para um valor de banda-morta de +/- 0,017%, valor muito próximo àquele encontrado para boa maioria de reguladores eletro-hidráulicos em operação atualmente.

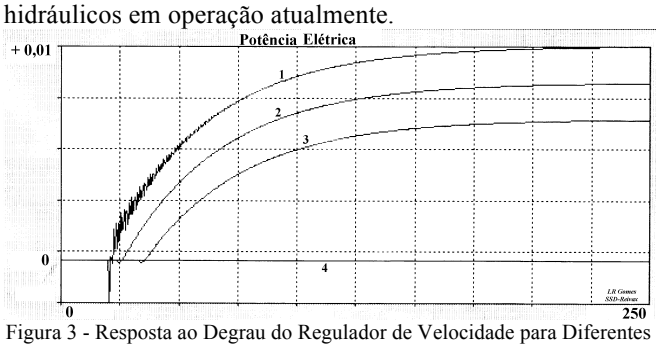


Figura 3 - Resposta ao Degrau do Regulador de Velocidade para Diferentes Valores de Banda-Morta em pu

Pela forma que a curva da potência tomou pode-se notar que a presença da ação da banda-morta alterou o valor da queda permanente associada.

Embora tenha sido utilizado para modelo o sistema de regulação de velocidade da usina de Emborcação o fato é que semelhantes respostas poderiam ser obtidas caso a modelagem utilizada pertencesse a outro regulador. Os valores elevados para a banda-morta tiveram, portanto cunho puramente didático e genérico uma vez que o valor da banda-morta em frequência medido em Emborcação foi de +/- 0,05 Hz o que corresponde a um valor efetivo de +/- 0,01 pu.

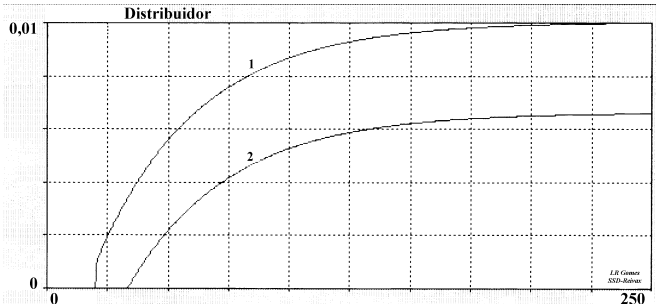


Figura 4 - Resposta ao Degrau do Regulador de Velocidade com e sem Banda-Morta em pu

Na Figura 4 pode-se notar a simulação da resposta ao degrau do regulador de velocidade da usina de Emborcação. Na curva 1 a banda-morta foi zero enquanto que na curva 2 o valor da banda-morta de frequência adotado foi de +/- 0,017%, valor muito próximo daquele medido em uma das máquinas desta instalação. Pela referência [4] pode-se calcular o valor efetivo do estatismo permanente, ou queda permanente, para as duas situações. A fórmula padrão é a seguinte:

$$\frac{1}{bp} = \lim_{t \to \infty} \frac{\Delta Y(t)}{\Delta \omega(t)} = \frac{\Delta Y(\infty)}{\Delta \omega(\infty)} \text{ em pu} \qquad (09)$$

Na equação 09 considerar os valores do curso do distribuidor e da frequência para o tempo tendendo a infinito.

Na curva 1 o valor final do curso do servomotor é 0,01 pu e na curva 2 o valor final é 0,0065. Levando cada um desses valores na equação 09 obtém-se o valor da queda permanente.

Para a condição sem banda-morta tem-se que:

$$\frac{1}{bp} = \frac{0,01}{0,01/20} = 20 pu/pu \quad bp=0,05 \text{ pu/pu} \qquad (10)$$

Para a condição com banda-morta de freqüência de +/- 0,017%:

$$\frac{1}{bp} = \frac{0,0065613}{0,01/20} = 13,122 u/pu \quad bp = 0,176 \text{ pu/pu} \qquad (10)$$

Portanto o efeito da banda-morta gerou uma elevação no valor da queda permanente com uma redução no efeito da regulação; houve uma redução do ganho de canal direto do regulador.

Aplicando diretamente a equação 06 tem-se para o valor efetivo da banda-morta:

bp = 0,05 pu/pu
dbf = 0,00017 pu
D = 2 pu/pu
ΔP = 0,0065 pu (ver curva 2 da Figura 4)

Assim

$$bpe = bp\left(1 + \frac{db_f}{bp\Delta P}\right) = 0,05\left(1 + \frac{0,00017}{0,05x0,0065}\right) = 0,076 pu/pu \qquad (11)$$

Esse valor confere com aquele valor obtido através do gráfico. Para o sistema a banda-morta será:

$$bps = \frac{bpe}{1 + Dbpe} = \frac{0,076}{1 + 2x0,076} = 0,066 pu/pu \qquad (12)$$

Em condições normais o regulador de velocidade assumiria a carga total pedida de 1%, porém na presença de uma banda-morta em freqüência de 0,017 % da rotação nominal este assumiu apenas 0,65 %.

Outra forma de análise consiste na aplicação de um degrau em carga não no somador de entrada do regulador de velocidade, mas sim no somador das potências. Esse degrau caracteriza uma variação de carga local. Para que o efeito de tomada ou retirada de carga através do regulador de velocidade fosse implementado de forma automática, na Figura 1 foi utilizado um sistema do tipo controle suplementar gerando a conhecida variável de controle ECA, erro de controle de área, que delibera um sinal de comando através do qual o regulador assumirá a carga local solicitada. Como existe a malha relativa à queda transitória no caminho do controle suplementar foi utilizado um bloco de efeito

ISSN 1809-3957

transitório inverso ao bloco do regulador de modo a propiciar uma resposta mais adequada durante o processo de ação do controle suplementar. Sem a presença deste bloco a resposta do regulador de velocidade através do controle suplementar com sua ação integral tornar-se-ia bastante demorada e oscilatória. Para mostrar outro problema verificado quando a presença de banda-morta é considerada no esquema geral do regulador de velocidade foram realizadas outras duas simulações cujos resultados encontram-se nas Figuras 5 e 6.

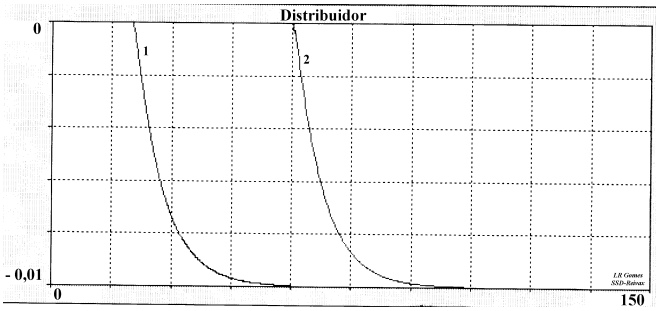


Figura 5 - Resposta do CAG sobre o Regulador de Velocidade com e sem Banda-Morta em pu (1) sem banda-morta (2) com banda-morta

Na Figura 5 tem-se a resposta do regulador frente a uma entrada de carga local com a ação do controle suplementar onde se percebe a comparação entre os casos sem e com banda-morta de frequência de +/-0,2%. A presença da banda-morta causou um retardo de aproximadamente 30 s na resposta do distribuidor. Na figura 6 o valor da banda-morta de frequência foi aquele valor encontrado em Emborcação, +/- 0,05 %, e o resultado foi um retardo de aproximadamente 10 s na resposta do regulador sob a ação do controle suplementar adotado.

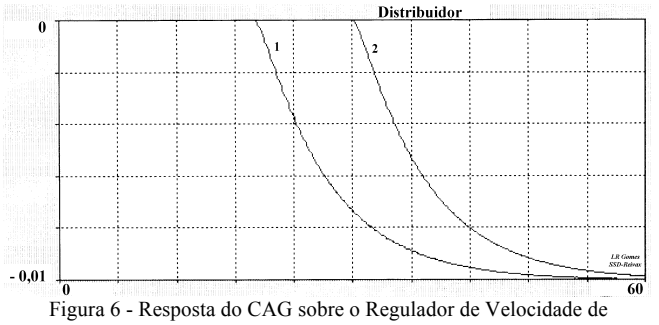


Figura 6 - Resposta do CAG sobre o Regulador de Velocidade de Emborcação com e sem Banda-Morta em pu (1) sem banda-morta (2) com banda-morta

V. OPERAÇÃO DE GRANDES INSTALAÇÕES VERSUS PEQUENAS INSTALAÇÕES

Ao se levantar a questão do efeito da presença de banda-morta em reguladores de velocidade ficou subentendida a questão operativa entre instalações e principalmente na operação interligada entre grandes instalações e pequenas instalações. É evidente que a própria ação do efeito gerado pela presença de banda-morta no controle do regulador impõe certo limite sobre a geração máxima de uma pequena central em relação à outra central de maiores proporções.

As Figuras 7 e 8 se referem à mesma simulação e representam a resposta do regulador de velocidade de Emborcação a uma carga local variável no tempo na forma de uma função senoidal a uma frequência de 0,2 rad/s. Em ambas as figuras a curva 1 se refere a uma oscilação de carga de 0,1 pu de amplitude, a curva 2 a uma oscilação de 0,05 pu de amplitude, a curva 3 a uma oscilação de 0,03 pu de amplitude e a curva 4 a uma oscilação de 0,02 pu de amplitude.

Na curva 4 da Figura 8 tem um lado da senóide referente ao curso do distribuidor que não chega a ocorrer devido à ação da banda-morta.

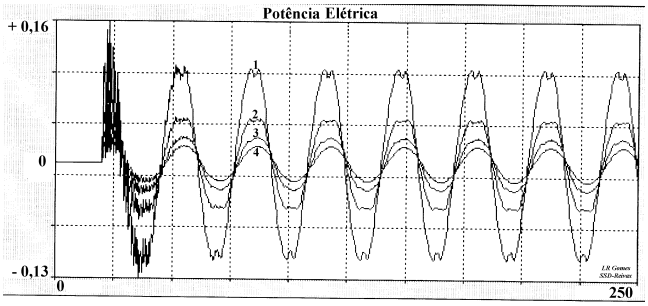


Figura 7 - Resposta do CAG sobre o Regulador de Velocidade de Emborcação Considerando-se a Banda-Morta para uma Carga Variável em Seno em pu

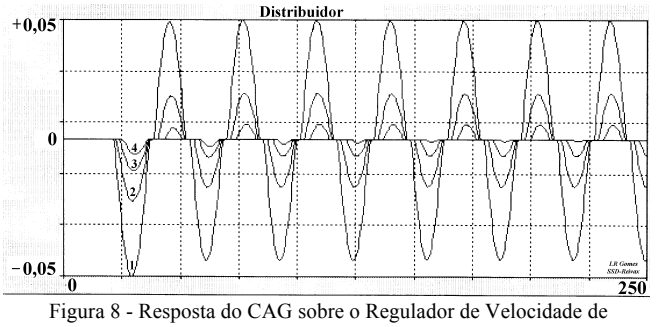


Figura 8 - Resposta do CAG sobre o Regulador de Velocidade de Emborcação Considerando-se a Banda-Morta para uma Carga Variável em Seno em pu

Na Figura 7 pode-se notar certa deformação na forma do sinal da potência elétrica na linha de interligação da máquina com o barramento infinito. A oscilação verificada no início das curvas da figura 7 tem a ver com a aplicação abrupta do sinal senoidal ao sistema. Nota-se, portanto, que uma carga da ordem de +/- 0,01 pu praticamente não seria sentida pelo sistema e muito menos pelo ECA, erro de controle de área de regulação, caso o sistema apresentasse a banda-morta.

Há de se considerar que em outras usinas da Cemig a situação pode ser até mais crítica em termos de valor; p. ex. em Três Marias, 6 x 64,5 MW, o valor da banda-morta em frequência medido é de +/-0,05 Hz; em Emborcação, 4 x 284 MW, esse valor é de +/-0,03 Hz; em Martins, 4 x 2,75 MW, esse valor da banda-morta é de +/-0,24 Hz. Portanto a questão banda-morta é uma realidade. Analisando agora a questão do controle da geração, a apropriação do custo da geração por intermédio do desvio de intercâmbio entre instalações, se nesse caso fosse considerada a particularidade de duas unidades operando de maneira interligada, uma Emborcação e outra Martins, ambas contra o sistema, é evidente que no erro de controle de área não seria apropriado o custo da geração de Martins em função da magnitude de Emborcação. O sinal de controle que mediria Emborcação não conseguiria medir Martins. Esse fato torna-se relevante quando se subentende que existe uma possibilidade real de uma porcentagem da geração da Cemig não estar sendo computada nas contas e balanços entre as

ISSN 1809-3957

grandes empresas. Na realidade a Cemig apura um valor real que ela consegue medir no consumidor.

Outro aspecto importante mostra que não se pode falar em economia de 1% de energia isto pode não existir na realidade.

VI. ENSAIOS DE CAMPO

O presente trabalho mostrou como determinado efeito localizado no sistema de regulação de velocidade, no caso o efeito da presença de uma faixa morta, aqui simplesmente referenciada como banda-morta, um tipo especial de não linearidade do tipo *hard*, pode afetar principalmente o controle automático da geração de determinada área. Com relação à própria instalação fica difícil afirmar se o efeito da banda-morta seria notado a não ser se houvesse um processo muito particular de acompanhamento do grau de evolução do valor da faixa morta ao longo dos anos. A evolução do valor da banda-morta tem muito a ver com folgas e desajustes em válvulas e barras inerentes ao processo mecânico da regulação. Algumas vezes o problema da deterioração do estado do óleo de acionamento do regulador acaba por trazer certos problemas que refletem no desempenho geral da regulação, porém são situações críticas e facilmente notadas pelo controle local. Fatos como a alteração no valor da queda permanente do regulador passam despercebidos. A influência do valor da banda-morta no sinal do ECA, erro de controle de área, foi importante para a discussão que se abriu acerca da forma como a ação da banda-morta pode vir a interferir em um sistema dotado de controles suplementares automáticos. Outra questão que foi posta é o fato da dificuldade de se medir de modo absoluto grandezas como MW deliberado por uma grande central e KW deliberado por uma pequena central quando se utiliza do mesmo método de apropriação via controle suplementar. Como este fato afeta diretamente o faturamento de uma PCH é desejável utilizar a pequena central sendo faturada diretamente na barra do consumidor, medida que dará oportunidade de se trabalhar com valores reais de consumo. Lembrar que a grande maioria das PCHs utilizam níveis de tensão de transmissão entre 13,8 kV e 34,5 kV, condição que se por um lado dificulta a apropriação junto às grandes instalações (normalmente as grandes instalações estão interligadas ao sistema da rede básica por intermédio de tensões de transmissão acima de 230 kV) por outro cria a possibilidade da entrega direta a consumidores industriais onde o faturamento será *in loco*. Evidentemente que tais questões têm de ser avaliadas em um contexto mais amplo para que possam ser válidas fora do campo da teoria e da modelagem.

Para que a teoria desenvolvida nesse artigo fosse comprovada, foram realizados ensaios de campo na usina de Emborcação, da Cemig (4 x 284 MW), com alguns registros aqui apresentados. Para que houvesse possibilidade de comparação entre as situações sem banda-morta e com banda-morta definiu-se o seguinte critério. A situação atual, após manutenção com limpeza geral das partes mecânicas referentes ao regulador, foi considerada sem banda-morta. A simulação da ação da banda-morta foi conseguida com a confecção de um circuito eletrônico, ajustável, através do qual o efeito da banda-morta foi introduzido na cadeia de velocidade no sentido do regulador proporcional-integral para a válvula proporcional, ver esquema mostrado na Figura 12.

As figuras 9 e 10 mostram o resultado da resposta do regulador de velocidade ao degrau aplicado à referência do valor de frequência nas condições sem e com banda-morta. Verifica-se a redução havida nos valores da queda permanente de frequência da condição sem banda-morta para a condição com banda-morta. O valor ajustado para a banda-morta de frequência no dispositivo eletrônico foi de 0,5%.

É interessante observar através dos registros contidos nas Figuras 9 e 10 que a ação direta da banda-morta acabou provocando certa insensibilidade do controle do regulador que tornou o sinal de saída mais estável. Isto já era de se esperar em função da ação direta da banda-morta na forma em que esta foi adotada.

A Figura 11 mostra como o efeito da banda-morta pode ser encarado. A presença da banda-morta, sob certos aspectos, pode ser entendida como conservativa, porém na questão do controle quando é considerado o sinal de erro de controle de área, variável ECA, tal afirmação não pode ser compartilhada. A questão diz respeito ao comportamento intrínseco do controle automático de geração de modo que a introdução ou não de certa ação forçante do tipo banda-morta pode resolver problemas de oscilação local, porém trazer outros complicadores.

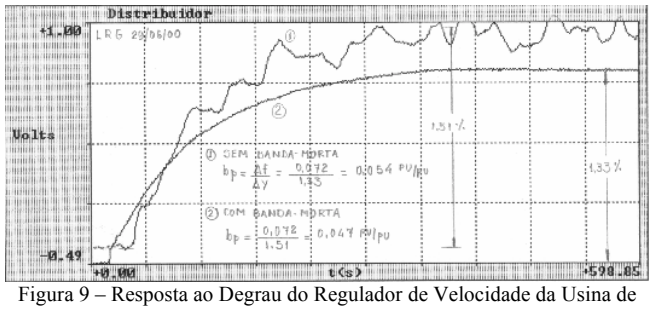


Figura 9 – Resposta ao Degrau do Regulador de Velocidade da Usina de Emborcação Sinal do Distribuidor em pu

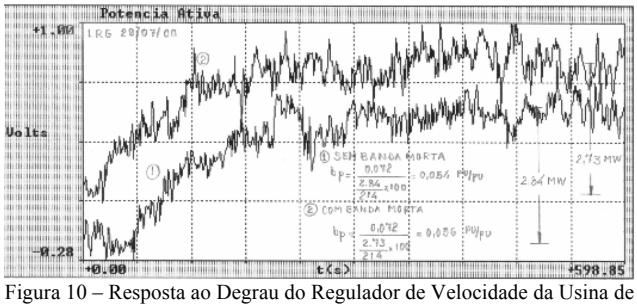


Figura 10 – Resposta ao Degrau do Regulador de Velocidade da Usina de Emborcação.Sinal da Potência em pu

ISSN 1809-3957

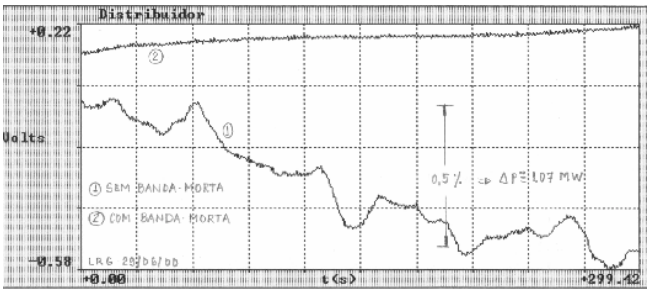


Figura 11 – Desempenho do Regulador de Velocidade da Usina de Emborcação. Sinal do Distribuidor em pu

VII. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo apenas o levantamento de uma discussão que levou em conta o efeito gerado nos controladores automáticos de velocidade de turbinas hidráulicas. Como pode ser verificado pelos estudos de simulação, bem como por cálculos, a presença da ação da banda-morta, que aparentemente não teria muita implicação no processo de regulação de velocidade, se mostrou influente e até importante. Primeiramente observou-se a alteração sofrida pelo parâmetro queda permanente do regulador de velocidade quando o efeito da banda-morta foi considerado. Também foi mostrado que não só o parâmetro queda permanente do regulador foi alterado, mas também aquele referente ao próprio sistema em questão. Acabou-se definindo o parâmetro queda permanente efetiva para designar aquele parâmetro associado à presença da banda-morta. Também foi definido o parâmetro banda-morta efetiva que, a partir daquele valor de banda-morta referido à frequência, foi introduzido no texto explicativo de modo a ser utilizado dentro do contexto da modelagem para simulação computacional. As sugestões de aplicação do modelo contendo a ação da banda-morta foram tomadas a partir de trabalhos referenciados de especialistas da área.

Outro aspecto muito importante observado nas simulações foi a perda de qualidade ocorrida nos controladores suplementares de regulação tipo CAG por ação da banda-morta. O controle sempre ficou prejudicado nestes casos.

Analisando agora a questão do controle da geração, ficou claro que a apropriação do custo da geração por intermédio do desvio de intercâmbio entre instalações tem de ser discutida. Considerando a particularidade de duas unidades operando de maneira interligada, uma Emborcação e outra Martins, ambas contra o sistema fica evidente que no processamento da variável especial ECA (erro de controle de área), não foi apropriado o custo da geração de Martins em função da magnitude de Emborcação. Esta questão apareceu como consequência do estudo desenvolvido. Mesmo considerando o fato de que o controlador adotado é simples e que podem existir outras implicações o fato é que o problema apareceu e tem de ser mais bem discutido.

Levantamentos deverão ser promovidos de modo a se verificar quais são, na realidade, os valores de banda-morta dos reguladores e controladores automáticos de velocidade. Talvez haja necessidade de uma melhor avaliação quanto à situação dos trabalhos de manutenção realizados e se realmente as partes mecânicas dos reguladores estão passando por processos de manutenção preventiva. Os serviços de limpeza nas válvulas mecânicas e nas partes mecânicas do regulador de velocidade são de fundamental importância para a redução dos valores da banda-morta efetiva.

Todos esses aspectos aqui levantados devem ser entendidos como temas sujeitos à discussão e que, via de regra, não poderiam ser desconsiderados nas análises de simulação sempre realizadas no sentido do estudo da estabilidade operacional dos principais controladores automáticos. É uma oportunidade que se tem de avaliar tais efeitos sobre a operação em regime permanente, bem como de se conhecer melhor o sistema envolvido no processo de regulação de velocidade.

O assunto aqui abordado não é novidade, porém a forma com que foi posto acabou trazendo um importante questionamento quanto à economia trazida por certas medidas que podem não estar realmente mostrando a eficácia sugerida além de chamar a atenção para questões que realmente tem a ver não com a economia de energia, mas com a apuração correta da geração de certas PCHs (pequenas centrais hidráulicas) e na necessidade de se conhecer os valores de banda-morta dos controladores automáticos de velocidade das empresas concessionárias de energia.

VIII. REFERÊNCIAS

[1]Jon M. Smith, "Mathematical Modeling and Digital Simulation for Engineers and Scientists", A Willey-Interscience Publication, USA, 1977.

[2]L.R. Gomes, "Levantamento dos Parâmetros do Regulador de Velocidade J.M. Voith, Máquina 4, Usina de Três Marias", Cemig, 11.110-MN/EG1-0.044, 1981.

[3]D.G. Ramey - J.W. Skooglund, "Detailed Hydrogovernor Representation for Systems Stability Studies", Transactions on Power Apparatus and Systems, vol PAS 89, number 1, January 1970.

[4]L.R. Gomes, "Medições em Reguladores de Velocidade de Usinas Hidroelétricas", Revista Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico/EFEI - Vol XII - n°. 3 - páginas 1-20, 1986.

[5]L.R. Gomes, "Análise do Comportamento do Regulador de Velocidade para Turbinas Hidráulicas", Revista Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico/EFEI - Vol XII - n°. 4- páginas 1-28, 1986.

[6]L. K. Kirchmayer, "Economic Control of Interconnected Systems", John Willey & Sons, Inc., Publishers, N.Y., USA, 1959.

[7]TAMS Engenharia Ltda, "Emborcação Hydroelectric Project-Turbines and Governors-Procurement Specification", n°. EB-M-01, Section II, B.Horizonte, Brazil, 1976.

[8]Cemig, "Usina Hidrelétrica de Miranda-Turbinas e Reguladores-Especificação Consolidada para Compra", n°. 11.148-PG/PE2-300a, B.Horizonte, Brazil, 1994.

[9]C. Concordia, L. K. Kirchmayer and E. A. Szymanski, "Effect of Speed Governor Dead Band on Tie-Line Power and Frequency Control Performance", AIEE Transactions, Vol. 76, Part III, 1957, pp. 429-434.

[10] Reivax Automação e Controle- SSD v2.0 - Software de Simulação.

IX. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

ISSN 1809-3957

MODELAGEM DE SISTEMAS DE EXCITAÇÃO DE MÁQUINAS SÍNCRONAS COM EXCITATRIZES ROTATIVAS

LUIZ RENATO GOMES[1], CLÁUDIO HOMERO FERREIRA DA SILVA[2]
1 –LUIZ RENATO GOMES-ME; 2 – CEMIG GERAÇÃO E TRANSIMISSÃO SA
chomero@cemig.com.br

***Resumo** - Uma atividade importante no trabalho de identificação de características e parâmetros de qualquer sistema de controle da máquina síncrona é a modelagem adequada do sistema de excitação, de acordo com os critérios específicos para garantir um grau de precisão aceitável. Este artigo trata do desenvolvimento teórico básico no caminho para alcançar o modelo de sistemas de excitação em uso cujo processo exige a atuação de grupos de excitação rotativos, situação verificada em pequenas centrais hidrelétricas (PCH). Foi realizado o desenvolvimento matemático básico e a identificação de parâmetros foi feita na PCH de Martins, situada em Uberlândia/MG (4 x 2750 kVA). Os resultados indicam o sucesso da representação comparativamente a dados reais, possibilitando análise e melhores ajustes de controle da máquina síncrona.*

***Palavras-chave:** Controle automático de geração. Modelagem de maquinas rotativas.*

I. INTRODUÇÃO

Devido ao grande crescimento do consumo de energia elétrica verificado nos últimos anos a vulnerabilidade operativa associada à baixa confiabilidade decorrentes do baixo fator de amortecimento das oscilações dinâmicas, obrigou o desenvolvimento de estudos no campo de pesquisa de modo a se modificar este panorama.

Com isto foi implementada uma série de trabalhos voltada para o levantamento de características e de parâmetros dos sistemas de controle automático das principais instalações pertencentes ao sistema elétrico interligado sul-sudeste visando estudos, via simulação computacional, de modo a se adequar, ao novo perfil energético, os ajustes destes sistemas de controle tais como reguladores automáticos de velocidades e de tensão, estabilizadores de sistemas de potência, controladores suplementares de geração, dispositivos compensadores, dentre outros.

Deste modo, com um trabalho de validação dos modelos levantados no campo, o equacionamento básico associado à representação matemática permitiu o conhecimento de certos detalhes que normalmente seriam impossíveis de se atingir fato que garantiu o processo de reajustagem.

Para o presente trabalho o enfoque principal encontra-se orientado na direção de uma modelagem específica voltada para sistemas de controle automático da excitação de máquinas síncronas cujo processo de amplificação é obtido através da utilização de excitatrizes rotativas singelas.

Os procedimentos e os critérios buscam linearizar o modelo final de modo a simplificar a representação sem perda precisão. Com as considerações anteriores a possibilidade da representação via modelagem, no plano complexo, garantirá a execução dos estudos de simulação.

II. EQUACIONAMENTO BÁSICO

Nesta seção será desenvolvido o equacionamento relativo aos principais sistemas de excitação de maquinas síncronas. Nestes sistemas o regulador de tensão tem a função de controlar o processo de amplificação de um ou mais elementos excitatrizes intermediários pertencentes ao conjunto de regulação e de controle do fluxo magnético de alimentação do campo da máquina principal, neste caso motor ou gerador síncrono. A base do cálculo levou em conta o equacionamento desenvolvido em [1]-[2].

Sistemas com Excitatrizes Piloto e Principal Independentes

Para qualquer tipo de sistema de excitatrizes pode-se selecionar certas equações que são inerentes ao processo magnético de funcionamento de uma máquina síncrona.

Supondo um sistema de excitação composto de uma excitatriz piloto, autoexcitada, uma excitatriz principal e uma máquina síncrona, assim como aparece na Figura 1, pode-se iniciar a análise.

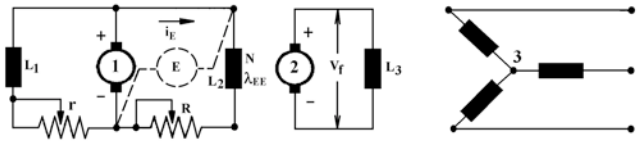


Figura 1. Sistema de Excitação com Excitatrizes Piloto e Principal Independentes.

Em que:

L_1 campo da excitatriz piloto;
L_2 campo da excitatriz principal;
L_3 campo da máquina síncrona;
1 excitatriz piloto, gerador de corrente contínua;
2 excitatriz principal, gerador de corrente contínua;
3 estator da máquina síncrona;
N número de espiras do campo da excitatriz principal;
r resistência de controle da excitação piloto;
R resistência de controle da excitação principal;
i_E corrente de excitação piloto;
λ_{EE} fluxo total enlaçado pelo campo da excitatriz principal.

As equações relacionadas com a Figura 1 são:

$$\dot{\lambda}_{EE} + Ri_E = E \quad (01)$$

$$V_F = K\Phi_E \quad (02)$$

ISSN 1809-3957

$$\Phi_{EE} = \Phi_E + \Phi_{Ed} \quad (03)$$

Sendo:

K constante de proporcionalidade;

Φ_E fluxo útil no campo da excitatriz principal;

Φ_{Ed} fluxo de dispersão no campo da excitatriz principal;

Φ_{EE} fluxo total que atravessa o entreferro da excitatriz principal.

A constante K é intrínseca ao equipamento e pode ser obtida de dados de projeto da excitatriz principal. Deve-se utilizar a seguinte fórmula recursiva sugerida por [2]. O fluxo de dispersão pode ser dado pela Equação (05).

$$K = \frac{Z\eta P}{60a} \quad (04)$$

$$\Phi_{Ed} = C\Phi_E \quad (05)$$

Sendo:

z número de condutores na armadura;

η velocidade de rotação em RPM;

P número de pares de polos;

a número de passos paralelos na armadura.

C é uma constante percentual para o fluxo de dispersão. Levando o valor do fluxo Φ_{Ed} , da equação 05, na equação 03 extrai-se a relação dada pela Equação (06). A equação 07 é bem cômoda, pois liga as magnitudes dos fluxos total e útil que atravessam o entreferro da excitatriz principal. Levando o valor do fluxo Φ_E , da equação 07, na equação 02 tem-se a Equação (08).

$$\Phi_{EE} = \left(1 + C \right) \Phi_E \quad (06)$$

ou

$$\sigma = 1 + C \quad (07)$$

$$V_F = \left(\frac{K}{\sigma} \right) \Phi_{EE} \quad (08)$$

Como $\Phi_{EE} = \lambda_{EE} / N$ a equação 08 permite que se escreva a seguinte relação:

$$\lambda_{EE} = \frac{N\sigma}{K} V_F \quad (09)$$

Levando o valor do fluxo λ_{EE}, da equação 09, na equação 01 tem-se:

$$\frac{N\sigma}{K} \dot{V}_F + Ri_E = E \quad (10)$$

Considerando-se o efeito da indutância de dispersão "L_{Ed}" no circuito da excitatriz piloto a equação 10 toma o seguinte aspecto:

$$\frac{N\sigma}{K} \dot{V}_F + L_{Ed} \dot{i}_E + Ri_E = E \quad (11)$$

Sistemas com Excitatrizes Piloto e Principal Acopladas

Considerando outro caso, como o do sistema de excitação mostrado na Figura 2, onde a excitatriz piloto e o campo da excitatriz principal formam um circuito em paralelo com a armadura desta última propõe-se a análise seguinte.

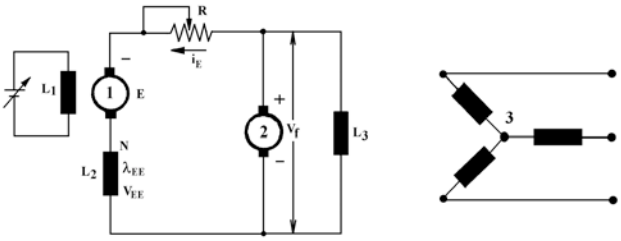


Figura 2. Sistema de Excitação com Excitatrizes Piloto e Principal Acopladas.

Analogamente às deduções obtidas na seção anterior obtém-se, tomando como base a figura 2, a relação seguinte:

$$\frac{N\sigma}{K} \dot{V}_F + Ri_E = V_F + E \quad (12)$$

Sistemas com Apenas uma Excitatriz Auto-excitada

Considerando-se agora outro tipo de sistema de excitação como o que está mostrado na Figura 3 onde aparece apenas um grupo excitatriz observa-se que se trata de um caso especial daquele visto previamente onde a tensão gerada pela excitatriz piloto (E=0). Trata-se de um sistema que utiliza um gerador de corrente contínua autoexcitado tipo shunt.

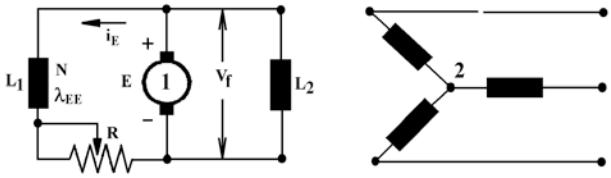


Figura 3. Sistema com Apenas uma Excitatriz Auto-excitada.

Levando em conta as deduções obtidas na seção precedente obtém-se a seguinte relação:

$$\frac{N\sigma}{K} \dot{V}_F + Ri_E = V_F \quad (13)$$

Sistemas de Excitação com Excitatriz Piloto e Excitatriz Principal do Tipo Amplidínamo

Um importante tipo de sistema de excitação visto principalmente em médias e pequenas unidades de geração é aquele que utiliza os recursos dos amplidínamos ou geradores especiais dotados de escovas adicionais de eixo direto.

Na Figura 4 é mostrado um sistema de excitação que adota o princípio dos amplidínamos. Neste caso, mais genérico, o sistema é composto de uma excitatriz piloto e de uma excitatriz principal. Em que:

K_{dq} constante do circuito em quadratura do amplidínamo para a tensão gerada no eixo direto;

V_{Fq} tensão gerada entre as sapatas de eixo em quadratura;

V_{Fd} tensão gerada entre as sapatas de eixo direto.

Normalmente as máquinas de corrente contínua convencionais utilizam apenas escovas de eixo em quadratura. Os amplidínamos, versão comum dos metadínamos, utilizam também escovas adicionais de eixo direto. Ver [1], [3]-[8].

ISSN 1809-3957

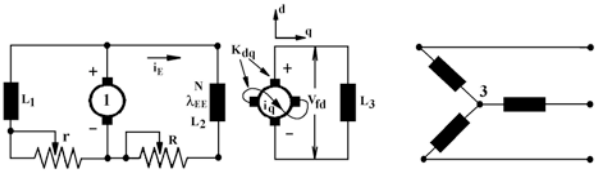


Figura 4. Sistema de Excitação com Excitatriz Piloto e Excitatriz Principal do Tipo Amplidínamo

As equações relacionadas com a Figura 4 são apresentadas a seguir.

$$\dot{\lambda}_{EE} + Ri_E = E \quad (14)$$

$$V_{Fq} = K\Phi_E \quad (15)$$

$$\Phi_{EE} = \Phi_E + \Phi_{Ed} \quad (16)$$

$$V_{Fd} = K_{dq} i_E \quad (17)$$

Analogamente às deduções obtidas nas seções prévias obtém-se a relação principal seguinte:

$$\frac{N\sigma}{K}\dot{V}_{Fq} + Ri_E = E \quad (18)$$

O circuito do amplidínamo permite ainda escrever duas importantes relações para a solução do presente problema.

$$L_q\dot{i}_q + r_q i_q = V_{Fq} \quad (19)$$

$$i_q = \frac{1}{K_{dq}} V_{Fd} \quad (20)$$

Em que:

L_q indutância do circuito em quadratura do amplidínamo;

r_q resistência do circuito em quadratura do amplidínamo;

i_q corrente do circuito em quadratura do amplidínamo.

III. MODELAGEM NO DOMÍNIO COMPLEXO

Nesta seção serão apresentadas as deduções relativas à obtenção dos modelos e diagramas em blocos dos sistemas de excitação apresentados até aqui.

Sistemas com Excitatrizes Piloto e Principal Independentes

Para a obtenção do modelo com a função de transferência do sistema de excitação que comporta duas excitatrizes, como visto na Figura 1, segue o procedimento algébrico. Para tal será considerada a equação 11 precedente. Sabe-se que:

$$E = \Delta E + E_0 \quad (21)$$

$$V_F = \Delta V_F + V_{F0} \therefore \dot{V}_F = \Delta\dot{V}_F \quad (22)$$

$$i_E = \Delta i_E + i_{E0} \therefore \dot{i}_E = \Delta\dot{i}_E \quad (23)$$

Sendo que:

E_0 tensão da excitatriz piloto referente à corrente i_{E0};

i_{E0} corrente no campo da excitatriz principal referente à tensão V_{F0};

V_{F0} tensão no campo da máquina síncrona referente à tensão terminal considerando-se a linha de entreferro da máquina.

Substituindo as expressões de E, V_F, $\dot{V}_F$, i_E e $\dot{i}_E$, das equações 21, 22 e 23, na equação 11 obtém-se:

$$\frac{N\sigma}{K}\dot{V}_F + L_{Ed}\Delta\dot{i}_E + R\Delta i_E + R\Delta i_{E0} = \Delta E + E_0 \quad (24)$$

Mas em regime permanente, considerando as condições de referência, tem-se:

$$R\Delta i_{E0} = E_0 \quad (25)$$

Considerando a equação 25 a equação 24 torna-se:

$$\frac{N\sigma}{K}\Delta\dot{V}_F + L_{Ed}\Delta\dot{i}_E + R\Delta i_E = \Delta E \quad (26)$$

Considerando, agora, a relação da tensão na linha de entreferro de saída da excitatriz principal, V_F, como uma função linear da corrente de campo da excitatriz piloto, i_E, pode-se escrever:

$$\Delta i_E = K_F\Delta V_F \therefore \Delta\dot{i}_E + \Delta\dot{V}_F \quad (27)$$

Substituindo as expressões de Δi_E e $\Delta\dot{i}_E$ e da equação 27, na equação 26 obtém-se:

$$\frac{N\sigma}{K}\Delta\dot{V}_F + L_{Ed}K_F\Delta\dot{V}_F + RK_F\Delta V_F = \Delta E \quad (28)$$

Passando a equação 28 para o domínio da variável complexa de Laplace obtém-se:

$$\frac{N\sigma}{K}S\Delta V_F(S) + L_{Ed}K_F S\Delta V_F(S) + RK_F\Delta V_F(s) = \Delta E \quad (29)$$

Onde "S" é a variável complexa de Laplace. A equação 29, numa forma mais compacta é rearranjada na forma a seguir:

$$\Delta V_F(S) = \frac{1}{TeS}\Delta E(s) - \frac{RK_F}{TeS}\Delta V_F(s) \quad (30)$$

com:

$$Te = \frac{N\sigma}{K} + L_{Ed}K_F$$

A constante de tempo "Te" que aparece sintetizada na equação anterior pode ser chamada de constante de tempo de integração da excitatriz. A equação 30 pode ser representada sob a forma de diagrama de blocos como mostra a Figura 5. O valor da resistência (R) de controle é variável em função do valor assumido pela tensão terminal de saída da máquina. O modelo estampado na Figura 5 não tem a característica linear de modo que será utilizado um artifício visando a linearização.

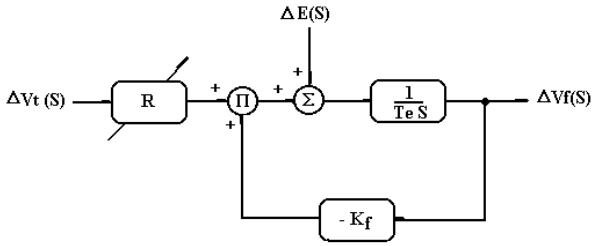


Figura 5. Diagrama em Blocos da Equação 30

Considerando um valor fixo para R e trabalhando no somador obtém-se a Figura 6.

Em termos de representação linear, como função da tensão terminal, o diagrama em blocos para o sistema de excitação mostrado na figura 1 ficará como estampado na Figura 7.

ISSN 1809-3957

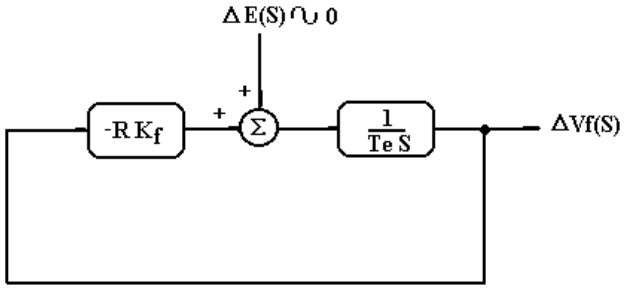


Figura 6. Diagrama em Blocos Auxiliar

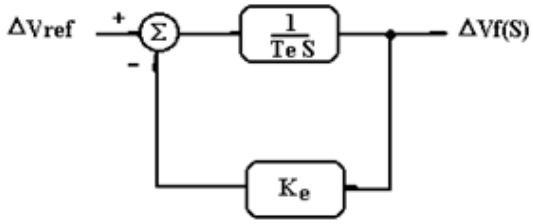


Figura 7.Diagrama em Blocos do Sistema de Excitação da Figura 1

A equação de transferência do sistema de excitação da Figura 1 será a seguinte:

$$\frac{\Delta V_F}{\Delta V_T} = \frac{1}{Ke}\frac{1}{\frac{Te}{Ke}S+1} \tag{31}$$

No diagrama da Figura 7 a variável ΔV_{REF} corresponderá, no controle, à variação da tensão terminal de saída da máquina principal. Caso se queira normalizar a relação da equação 31, em termos de por unidade, dentro de uma base de valores, escolhida e avaliada previamente, a equação de transferência tomará o aspecto seguinte:

$$\frac{\Delta V_F}{\Delta V_T} = K'\frac{1}{T'S+1} \tag{32}$$

Onde:

$$K' = \frac{V_{T0}}{KeV_{F0}} \text{ e } T' = \frac{Te}{Ke}$$

Sistemas com Excitatrizes Piloto e Principal Acopladas

Para o sistema apresentado na Figura 2, composto de excitatrizes piloto e principal acopladas, segue o procedimento algébrico relativo à determinação do modelo em diagrama em blocos. De modo análogo àquele desenvolvido para o caso prévio, tomando a Equação 12 que rege o sistema presentemente enfocado tem-se, substituindo as expressões de E, V_F, $\dot{V}_F$, i_E e $\dot{i}_E$, das equações 21, 22 e 23, e promovendo as devidas simplificações:

$$\frac{N\sigma}{K}\Delta\dot{V}_F + R\Delta i_E = \Delta V_F + \Delta E \tag{33}$$

Substituindo a expressão de Δi_E linearizada, na equação 33, obtém-se:

$$\frac{N\sigma}{K}\Delta\dot{V}_F + RK_F\Delta V_F = \Delta V_F + \Delta E \tag{34}$$

Passando a equação 34 para o domínio da transformada de Laplace e promovendo as devidas simplificações e rearranjos, obtém-se:

$$\Delta V_F(S) = \frac{1}{TeS}\Delta E(S) - \frac{RK_F}{TeS}\Delta V_F(S) + \frac{1}{TeS}\Delta V_F(S) \tag{35}$$

A equação 35 pode ser representada sob a forma de diagrama de blocos como na Figura 8.

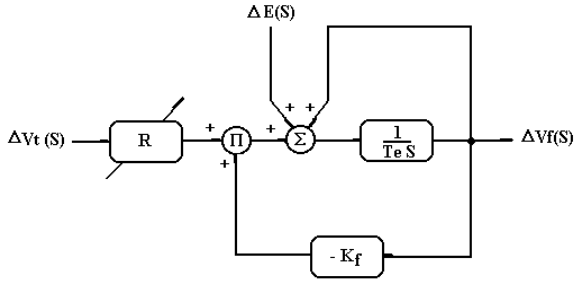


Figura 8– Diagrama em Blocos do Sistema de Excitação Referente à Equação 35

Utilizando o mesmo raciocínio anterior chega-se ao diagrama em blocos representado na Figura 7 apenas que $K_e = RK_F - 1$.

Sistemas com Apenas uma Excitatriz Auto-excitada

A mesma dedução anterior é válida para o sistema de excitação representado na Figura 3. O diagrama em blocos final é o mesmo estampado na Figura 7 sendo válida a equação de transferência 31 com $K_e = RK_F - 1$.

Sistemas de Excitação com Excitatriz Piloto e Excitatriz Principal do Tipo Amplidínamo

Para a obtenção do modelo com a função de transferência do sistema de excitação que comporta duas excitatrizes, sendo a principal do tipo amplidínamo, como visto na Figura 4, segue o procedimento algébrico. Deve-se, primeiramente, eliminar as variáveis i_q e V_{Fq} entre as equações 18, 19 e 20.

Levando a expressão de iq, da equação 20, na equação 19 obtém-se a seguinte relação:

$$\frac{L_q}{K_{dq}}\dot{V}_{Fd} + \frac{r_d}{Kdq}V_{Fd} = V_{Fq} \tag{36}$$

A equação 36 permite que se escreva:

$$\dot{V}_{Fq} = \frac{L_q}{K_{dq}}\ddot{V}_{Fd} + \frac{r_d}{K_{dq}}\dot{V}_{Fd} \tag{37}$$

Substituindo a expressão de V_{Fq}, da equação 37, na equação 18 obtém-se:

$$\frac{N\sigma}{K}\left[\frac{L_q}{K_{dq}}\ddot{V}_{Fd} + \frac{r_q}{K_{dq}}\dot{V}_{Fd}\right] + Ri_E = E \tag{38}$$

Da equação 22, aplicada ao circuito do amplidínamo, pode-se escrever:

$$V_{Fd} = \Delta V_{Fd} + V_{Fd0} \therefore \dot{V}_{Fd} = \Delta\dot{V}_{Fd} \therefore \ddot{V}_{Fd} = \Delta\ddot{V}_{Fd} \tag{39}$$

De maneira análoga à seção anterior, realizando as manipulações, substituições, simplificações e transformando para o domínio de Laplace, chega-se a Equação 40.

$$T_1T_2S^2\Delta V_{Fd}(S) + \left(T_1 + T_2\right)S\Delta V_{Fd}(S) + K_e\Delta V_{Fd}(S) = \Delta E(s) \tag{40}$$

Em que:

$$T_1 = \frac{N\sigma r_q}{KK_{dq}}$$

ISSN 1809-3957

$$T_2 = \frac{L_q}{r_q}$$

$$K_e = RK_F$$

[9] define, para as constantes de tempo T_1 e T_2, respectivamente, os nomes seguintes: T_1 – constante de tempo do campo de controle; T_2 – constante de tempo do circuito de armadura no eixo em quadratura. A segunda constante de tempo tem, na prática, maior significação que a primeira permitindo que se considere $T_2 > T_1$. Caso seja possível uma simplificação a equação 43 poderá ser finalmente escrita como seguinte:

$$T_2 S\Delta V_{Fd}(S) + K_e \Delta V_{Fd}(S) = \Delta E(s) \quad (41)$$

Analisando a equação 41 conclui-se que é possível a obtenção da equação de transferência da equação 30 anteriormente deduzida. Deste modo todas as deduções promovidas anteriormente ficam valendo para o sistema de excitação que contenha amplidínamos do tipo mostrado na Figura 4.

Incorporação do Regulador de Tensão e da Máquina Síncrona

Outra etapa na conclusão da modelagem consiste na representação dos blocos referentes ao regulador automático de tensão e à máquina síncrona.

Na dedução da equação 31 a variável ΔV_{REF} foi confundida com a variável ΔV_T uma vez que não se representou nem o regulador automático de tensão nem o transdutor de tensão terminal da máquina síncrona. Quando houver necessidade de consideração destes elementos deverá ser representada a função de transferência do transdutor seguida da função de transferência do regulador automático de tensão. A figura 9 mostra o diagrama representativo básico de um sistema de excitação de máquina síncrona enquanto a figura 10 mostra o sistema de excitação com suas funções de transferência no plano complexo.

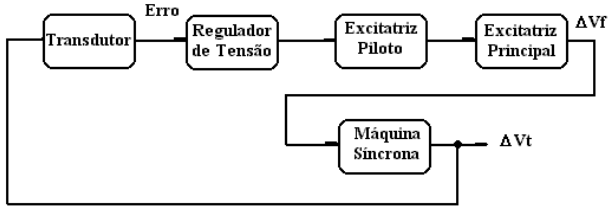


Figura 9 - Diagrama em Blocos Básico de um Sistema de Excitação.

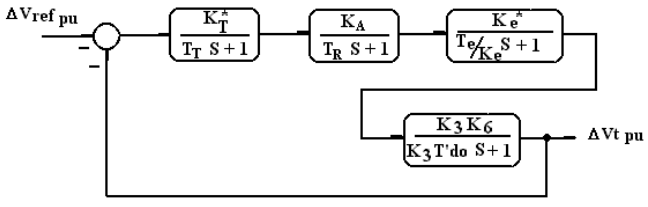


Figura10- Diagrama em Blocos Simplificado de um Sistema de Excitação.

Sendo:

K_T constante de proporcionalidade do transdutor de tensão;

T_T constante de tempo do transdutor de tensão;

K_A ganho de canal direto do regulador de tensão;

T_R constante de tempo de integração do regulador de tensão;

K_3 e K_6 parâmetros relacionados com o modelo da máquina síncrona;

T'_{d0} constante de tempo transitória de eixo direto da máquina síncrona a vazio.

Considerando-se [1]-[2] a constante de tempo T'd0 pode ser expressa de modo simplificado pela seguinte relação:

$$T'_{d0} = \frac{L_{FF}}{r_{FF}} \quad (42)$$

Sendo:

L_{FF} valor da indutância própria do circuito de campo da máquina principal;

r_{FF} valor da resistência do circuito de campo da máquina principal.

Normalmente os modelos oriundos das soluções de equações diferenciais trata-se de modelos lineares de parâmetros linearizados dentro dos limites adotados para tais. Como se sabe a presença de não-linearidades no modelo faz parte do processo de adequação deste modelo à realidade operativa do equipamento. Com relação às máquinas rotativas é interessante que haja um bloco representativo dos efeitos de saturação que são bastante evidentes. A figura 11 mostra um diagrama em blocos onde os efeitos da saturação ficam resumidos na função SE = $f(V_F)$. Essa função não-linear deve ser implementada no desenvolvimento computacional segundo, por exemplo, a sugestão contida na referência [3].

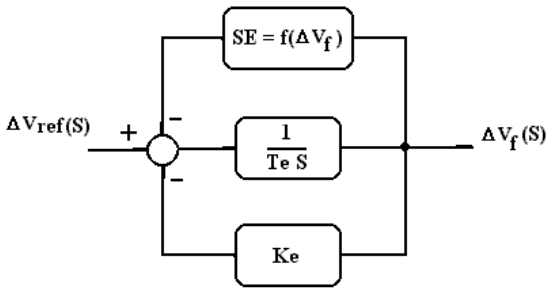


Figura 11- Sistema de Excitação Considerando os Efeitos de Saturação de Excitatriz.

A referência [1] mostra o diagrama do modelo linear simplificado para a representação da máquina síncrona contra a barra infinita para pequenos distúrbios e este modelo será adotado neste trabalho apenas como referência. Os parâmetros K_1, K_2, K_3, K_4, K_5 e K_6, que pertencem a esse modelo simplificado, têm as seguintes significações físicas inerentes ao próprio modelo:

A figura 12 reproduz o diagrama do modelo linear simplificado geral adotado na análise global do qual foi extraído o modelo mostrado na figura 10 que é mais simplificado.

A razão da adoção do modelo simplificado deve-se a facilidade de sua implementação e a sua grande aceitação.

$$K_1 = \left.\frac{\partial \tau_e}{\partial \delta}\right|_{E'_q = E'_{q0}}$$

$$(43)\ K_2 = \left.\frac{\partial \tau_e}{\partial E'_q}\right|_{\delta = \delta_0} \quad (44)$$

$$K_4 = \frac{1}{K_3}\left.\frac{\partial E'_q}{\partial \delta}\right|_{E_{FD} = E_{FD0}} \quad (45)$$

ISSN 1809-3957

$$K_5 = \left.\frac{\partial V_T}{\partial \delta}\right|_{E'_q = E'_{q0}} \quad (46)$$

$$K_6 = \left.\frac{\partial V_T}{\partial E'_q}\right|_{\delta = \delta_0} \quad (47)$$

Em que:

τe torque elétrico trifásico desenvolvido pela máquina síncrona;

E'_q FEM da máquina síncrona proporcional ao fluxo principal enlaçado pelo estator;

E'_{q0} FEM nominal proporcional ao fluxo principal enlaçado pelo estator da máquina síncrona considerando-se a linha de entre-ferro;

δ ângulo elétrico de potência;

δ_0 ângulo elétrico correspondente à potência nominal;

E_{FD} FEM da máquina síncrona proporcional à tensão de campo;

E_{FD0} FEM nominal proporcional à tensão de campo da máquina síncrona considerando-se a linha de entre-ferro.

A figura 12 reproduz o diagrama do modelo linear simplificado geral adotado na análise global do qual foi extraído o modelo mostrado na figura 10 que é mais simplificado. A razão da adoção do modelo simplificado deve-se a facilidade de sua implementação e a sua grande aceitação.

Na figura 12 considerar:

2H - constante de inércia do conjunto turbina-gerador em s:

D - constante de amortecimento da rede em pu/pu;

K_A - ganho do regulador de tensão em V/pu;

K_{AP} - ganho proporcional do regulador de tensão em V/V;

K_{AI} - ganho integral do regulador de tensão em V/V;

T_A - constante de tempo de integração do regulador de tensão em s;

V_{F0} - valor da tensão nominal da excitatriz;

V_{REF} - valor de referência do regulador de tensão em V;

SE - função não-linear referente ao efeito da saturação considerando-se a linha de entreferro;

ΔP_M - variação da potência mecânica em pu;

ΔP_E - variação da potência ativa elétrica em pu;

$\Delta\delta$ - variação do ângulo elétrico de potência em rad;

ΔV_T - variação da tensão terminal em pu;

S - variável da transformada de Laplace.

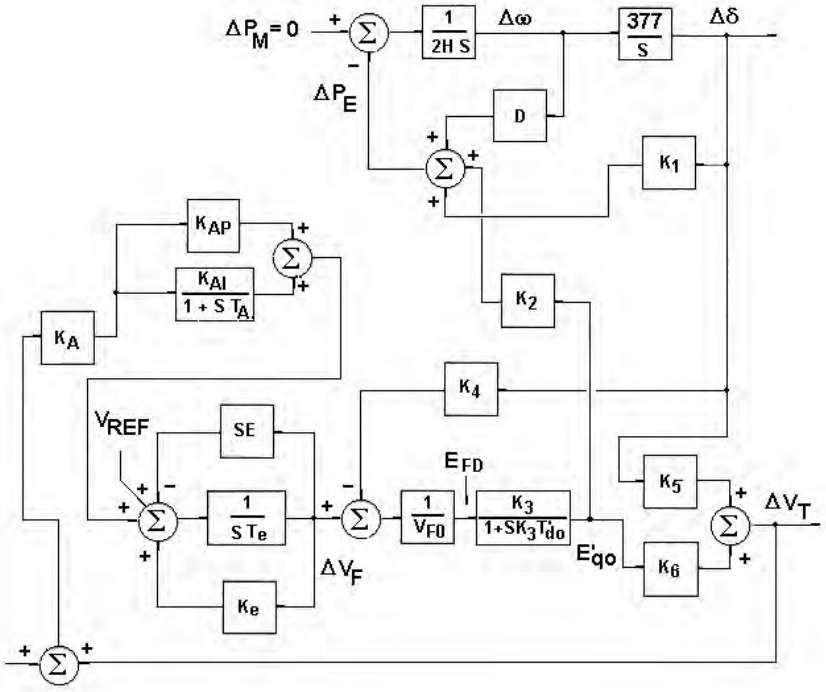


Fig. 12 - Modelo Linear Simplificado Geral da Máquina Síncrona.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para mostrar a aplicabilidade deste artigo será desenvolvido o cálculo completo a partir do qual serão levantados os parâmetros representativos do sistema de excitação da máquina horizontal da usina dos Martins 4 x 2750 kVA de propriedade da CEMIG.

Os dados principais para a modelagem completa do sistema encontram-se na Tabela 1.

O conjunto da armadura da excitatriz foi todo desmontado para que se pudesse ter acesso aos valores necessários ao cálculo. Evidentemente que não se parou a máquina especificamente para esta tarefa, mas sim aproveitou-se de uma parada prolongada motivada por um serviço maior ligado à recuperação do isolamento do grupo gerador e excitatriz.

A figura 13 mostra o registro da simulação realizada através do modelo estampado na figura 12 com base nos valores listados nesta seção, enquanto que a figura 14 mostra o resultado de um ensaio real realizado na máquina 3 na usina dos Martins, para efeito de validação. Na simulação foi utilizado o pacote de software SSD versão 2.0 desenvolvido pela REIVAX. Basicamente as referências [1], [2] e[7] mostram o comportamento da resposta de diferentes sistemas de excitação que empregam excitatrizes rotativas.

ISSN 1809-3957

TABELA I

PARÂMETROD DO MODELO LEVANTADOS E VALIDADOS EM CAMPO.

Parâmetro	Valor - Unidade
Gerador-	
Potência	2750 kW
Tensão	4,16 kV
Corrente	382 A
Cos φ	0,7
Frequência	60Hz
Rotação	900 RPM
T'_{d0}	2,5 s
2H	6s
D	2 pu/pu
Excitatriz principal: gerador CC – Autoexcitada *shunt*	
Potência	21 kW
Polos principais	6
Interpólos	6
Tensão	75 V
Corrente	280 A
Rotação	900 RPM
N/2	150 espiras/polo
σ	1,2
Z	98 condutores
η	900 RPM
P	3
a	6
K	735
T_e	0,49 s
R	6,00 Ω
K_F	0,1333 A/V
K_e	0,200
K_A	-65 V/pu
K_{AP}	0,254 V/V
K_{AI}	1 V/V
T_A	15,6 s
V_{F0}	22,05 Vcc (linha Entreferro)
SE	$1{,}294e^{0{,}0773\Delta V_F}$
K_G	1 pu/pu
K_1	0,82 pu/rad
K_2	1,18 pu/pu
K_3	0,30 pu/pu
K_4	1,5 pu/pu
K_5	-0,1 pu/pu
K_6	0,4 pu/pu

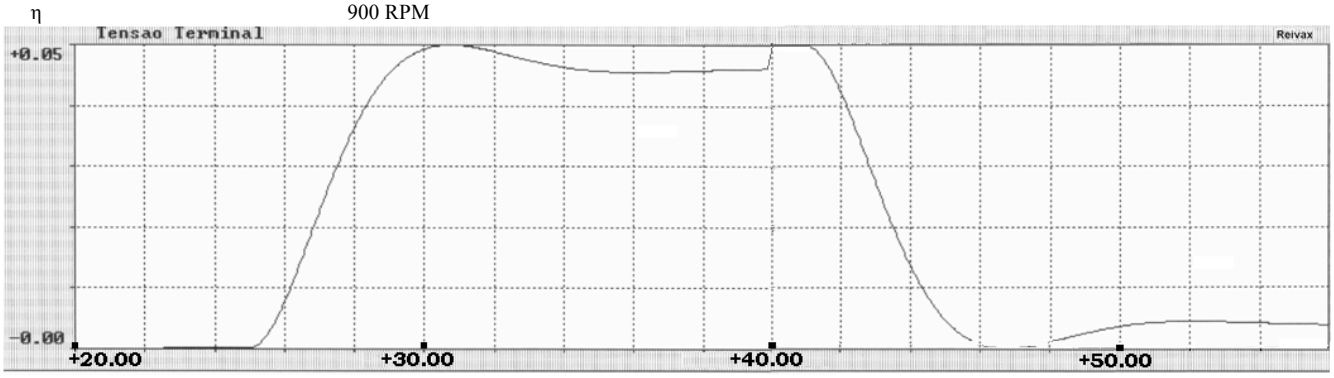


Figura 13. Simulação da Resposta ao Degrau na Referência do Regulador de Tensão da Usina dos Martins - Cemig

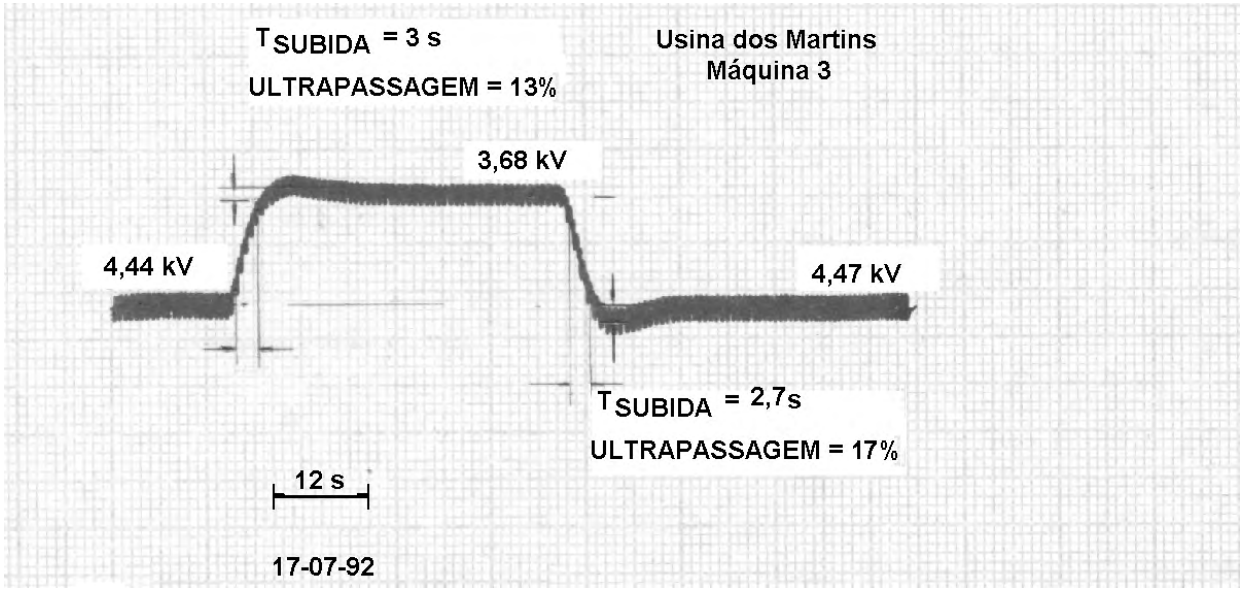


Figura 14 – Ensaio de Resposta ao Degrau na Referência do Regulador de Tensão – Comportamento real e experimental - Usina dos Martins – Cemig

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As referências citadas apresentam formas de respostas ao degrau em reguladores de tensão que podem dar uma idéia para os ajustes. Para a certificação de que o regulador esteja bem ajustado, ou pelo menos dentro de uma condição razoável, é interessante avaliar o comportamento pela inspeção da forma da resposta ao degrau na referência. O valor da ultrapassagem máxima medida no sinal de saída da tensão terminal, associado ao valor da taxa de subida deste mesmo sinal quando da aplicação do sinal de degrau, é um importante parâmetro de avaliação. Como critério de ajuste a referência [7] sugere que o valor da ultrapassagem máxima seja inferior a 20%. Este valor deverá estar em concordância com o ajuste da proteção de sobretensão

ISSN 1809-3957

terminal. Para máquinas síncronas normalmente adota-se o valor de pick up da proteção 59 na faixa de 110-120% do valor nominal da tensão terminal com temporização de 3 s, referência [10]. Esse critério foi adotado no ajuste do regulador de tensão da usina dos Martins.

O trabalho de modelagem dinâmica se mostrou essencial para o melhor conhecimento do processo e do comportamento da instalação de forma a melhor ajustá-la e controlá-la.

Além disso, a modelagem se mostra essencial para o estudo e aplicação de técnicas de controle, como por exemplo: controladores preditivos, robustos ou mesmo tolerante a falhas no processo de controle. Estes, inclusive, são temas que podem ser citados como oportunidades para pesquisa e desenvolvimento de trabalhos futuros.

A modelagem do comportamento da máquina síncrona foi realizada com sucesso e o comportamento de simulação é representativo e foi validado por testes de campo reais na unidade, demonstrando a aplicabilidade da modelagem desenvolvida.

VI. REFERÊNCIAS

[1] P.M. Anderson - A.A. Fouad "Power System Control and Stability", Vol 1, The Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA, Third Printing, 1982.

[2] E.W. Kimbark, "Power System Stability - Synchronous Machines", Dover Publications, Inc., New York, USA, 1956.

[3] K.R. McClymont - G. Manchur - R.J. Ross - R.J. Wilson, "Experience with High-Speed Rectifier Excitation Systems", IEEE Transactions PAS - Vol PAS: 87, N°. 6, pages 1464-1470, 1968.

[4] IEEE Committee Report, "Proposed Excitation System Definitions for Synchronous Machines", IEEE Transactions PAS - Vol PAS: 88, pages1248-1258,1969.

[5] A.E. Fitzgerald - C. Kingsley Jr. - A. Kusko, "Electric Machinary", Third Edition, McGraw-Hill, New York, USA, 1971.

[6] J.M. Pestarini, "Metadyne Statics", Technology Press e John Wiley & Sons Inc. New York, USA, 1952.

[7] M. Riaz, "Transient Analysis of The Metadyne Generator", Transactions AIEE 72, Vol 3, pages 52-62, 1953.

[8] K.A. Fegley, "Metadyne Transients", Transactions AIEE 74, Vol 3, pages 1179-1188, 1955.

[9] IEEE Committee Report, "Computer Representation of Excitation Systems", IEEE Transactions PAS, Vol PAS: 87, N°. 6, pages 1460-1464, 1968.

[10]T. S. Madhava Rao. Power System Protection – Static Relays , McGraw – Hill Book Company, New Delhi, India, 1982.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

LOSS-OF-EXCITATION PROTECTION VERSUS MINIMUM EXCITATION LIMITER APPLIED FOR SYNCHRONOUS MACHINES

LUIZ RENATO GOMES[1], CLÁUDIO HOMERO FERREIRA DA SILVA[2]
1 – LUIZ RENATO GOMES-ME; 2 – CEMIG GERAÇÃO E TRANSMISSÃO SA
chomero@cemig.com.br

***Resumo** - This paper analyses the behavior of both loss-of-excitation protection and minimum excitation limiter, devices used to protect synchronous machines from under excitation effects, taking into account the impedance trajectory on the complex plan. At that moment conventional loss-of-excitation relay and minimum excitation limiter of synchronous machines can be evaluated in order to obtain adequate adjusting to minimum excitation limiter device. This paper confirms the facility introduced when limit circles are displayed on the complex plan. In this paper all concepts of impedance trajectories were applied to the Emborcação Plant (4x284 MVA) of the CEMIG, Minas Gerais, Brazil.*

***Palavras-chave:** Automatic Generation Control. Power System Protection Modeling. Rotating Machines.*

I. INTRODUTION

The synchronous machine operation in the interconnected system is always involved with disturbances that cause the actuation of several important protection devices. During these events any part of power system can be carried to under excitation operation so that either loss-of-excitation relay or minimum excitation limiter, depending on its setting, can start up. Both of protection devices were analyzed and discussed so much in previous papers [1]-[6].

Remembering that loss-of-excitation relay belongs to the synchronous machine protection system and minimum excitation limiter belongs to the synchronous machine regulation system.

Loss-of-excitation relay manufacturers design and make up their relays based on previous papers but each of minimum excitation limiter manufacturers has his own design. There are several types of minimum excitation limiter and paper 4 discusses and analyses these limits. The technical literature shows that the loss-of-excitation relay philosophy can use the principles of ohm and mho to protective relays; this is available in [4],[6]. [1] describes a loss-of-excitation relay which principles are the same as those seen in foregoing papers. Minimum excitation limiter was mentioned in most part of previous papers but only in a shape of limit circles not in real-reactive electric power co-ordinates.

In this paper the main objective will be to present the study of minimum excitation limiter versus loss-of-excitation protection on the complex plan and, after, its corresponding analysis on real-reactive electric power co-ordinates. In this paper the influence of voltage will be analyzed too.

II. IMPEDANCE CHART ON THE COMPLEX PLAN

References [7]-[8] apply number complex concepts to display impedance trajectories on the complex plan. This representation is very interesting because displaying impedance trajectories on the complex plan has the advantage that limit circles are the same for different terminal voltages of a synchronous machine. Nevertheless, most of operation people of some plants like to get some information on the machine operation through the capability chart whose theoretical principles were explained in details in paper [9]. The synchronous machine capability chart is more common than the impedance trajectory chart on the complex plan.

The proceeding is to represent a complex electric power system by equivalent two-machine system with balanced voltages EA and EB interconnected through a transmission line. The original application of this theory has been used to determine a series of transmission-line relay quantities, for example, the relay location determines the impedance seen by the distance relay. In figure 1 we may see sketched two equivalent synchronous machines with the following variables:

- E_A : balanced voltage in respect of bus A
- E_B : balanced voltage in respect of bus B
- Z_A : impedance between voltage E_A and bus R_1
- Z_B : impedance between voltage E_B and bus R_2
- Z_{LT} : impedance between bus R_1 and bus R_2

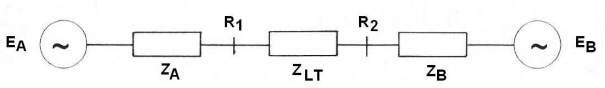


Figure 1 - Equivalent Two-Machine System

The general equation for the impedance Z_R seen by a relay located at any point R in the two-machine system is given by:

$$Z_R = \frac{V_R}{I_R} = \frac{H_A E_A + H_B E_B}{G_A E_A + G_B E_B} \quad (1)$$

In equation (1) we have that V_R and I_R are respectively voltage and current seen by a concerned relay, E_A and E_B are balanced voltages, and H_A, H_B, G_A and G_B are complex numbers which depend on system conditions and relay location. This equation may be expressed in terms of ratio E_A/E_B or E_B/E_A [4]. This solution mode has solved the

ISSN 1809-3957

distance relay problem and opened one another way to solve other problems as loss-of-excitation relay and minimum excitation limiter.

Then, we may have the following expression for the impedance Z_R:

$$Z_R = \frac{H_A}{G_A} - \frac{\frac{H_A}{G_A} + \frac{H_B}{G_B}}{1 - \frac{G_A}{G_B}\frac{E_A}{E_B}} = -\frac{H_B}{G_B} + \frac{\frac{H_A}{G_A} + \frac{H_B}{G_B}}{1 - \frac{G_B}{G_A}\frac{E_B}{E_A}} \quad (2)$$

Equation (2) may be expressed as a function of specific system parameters as the following mode:

$$\begin{aligned} &\frac{H_B}{G_B} = Z_x = |Z_x| e^{j\theta x} \\ &\frac{H_A}{G_A} = Z_z = |Z_z| e^{j\theta z} \\ &\frac{G_A}{G_B} = K = |K| e^{j\theta K} \\ &\frac{H_A}{G_A} + \frac{H_B}{G_B} = Z_y = |Z_y| e^{j\theta y} \\ &\frac{E_A}{E_B} = \left|\frac{E_A}{E_B}\right| e^{j(\theta_A - \theta_B)} = \left|\frac{E_A}{E_B}\right| e^{j\delta} \end{aligned} \quad (3)$$

In this way, the new expression for impedance Z_R is:

$$Z_R = |Z_z| e^{j\theta z} - \frac{|Z_y| e^{j\theta y}}{1 - \left|K\frac{E_A}{E_B}\right| e^{j\phi}} = -|Z_x| e^{j\theta x} - \frac{|Z_y| e^{j\theta y}}{1 - \left|\frac{E_B}{KE_A}\right| e^{-j\phi}} \quad (4)$$

Equation (4) represents the expression for the impedance Z_R and two points on the complex plan can be obtained from it. In equation (4), with $E_A = 0$, we obtain the first point and afterwards, with $E_B = 0$, we obtain the second point on the complex plan. So, with $E_A = 0$, we have the Equation (5). In the same mode, with $E_B = 0$, we have Equation (6)

$$Z_R = Z_z - Z_y = -Z_x \quad (5)$$

$$Z_R = Z_z = -Z_x + Z_y \quad (6)$$

Figure 2 shows the general inherent impedance chart on the complex plan represented by previous equations and figure 3 is the application of the previous theory to the Emborcação Plant system. In respect of figure 3 we can see two limit circles. The system impedance has a circle larger than the loss-of-excitation relay characteristic. Both of these circles were sketched taking into account that the system origin is at machine terminal voltage bus, at point Vt.

III. LOSS-OF-EXCITATION PROTECTION

According to [1], [3]-[6] we can make a brief summary of loss-of-excitation theory. When a synchronous machine, operating with any interconnected power system, loses excitation motivated by any cause, the machine, which was operating as synchronous generator before, passes now to operate as asynchronous generator. [1],[10] describe a series of causes which can motivate loss-of-excitation of synchronous machines.

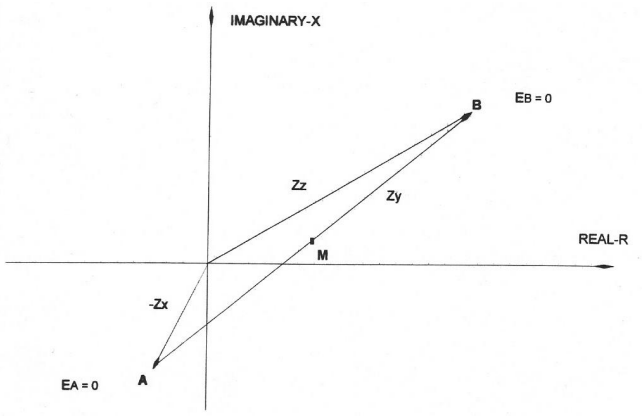


Figure 2 - Impedance Chart on the Complex Plan for the System of Figure 1.

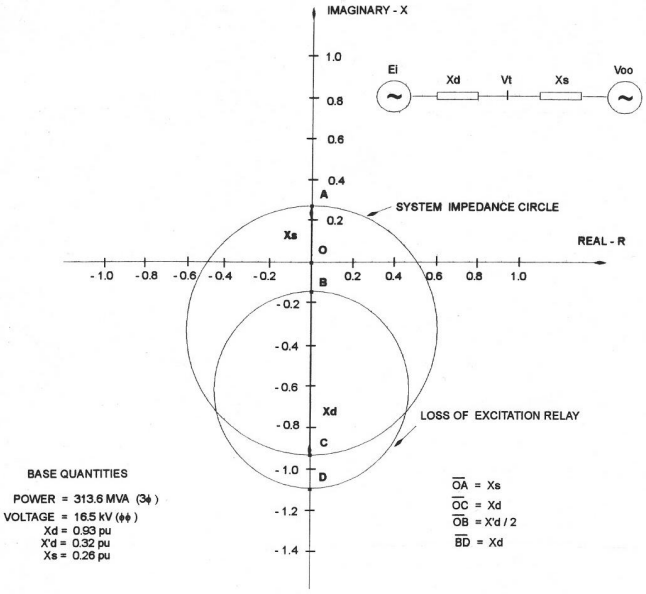


Figure 3 - Loss-of-Excitation Relay Impedance Circle and System Impedance Circle for Emborcação Plant in Per Unit

After loss-of-excitation the machine continues supplying power but as an induction generator that obtains its excitation current from the interconnected system. This operation form causes a large reactive drain on the system and causes serious problems to either faulted machine or interconnected system. There are two situations in this case, first occurs loss-of-excitation or reduction of excitation field and after it occurs loss-of-synchronism.

Other conclusions were obtained in these studies and showed that the impedance value seen by the machine at its terminal bus moves on the complex plan through a large curve which represents the impedance locus. Impedance loci normally terminate in a particular area whose extent depends on the initial machine loading. [6] analyses and discusses in depth the effect of initial machine loading in respect of the final location of the impedance seen at the machine terminal voltage bus. When the initial machine

ISSN 1809-3957

loading is in about 0.3 pu of power or less the impedance swing is large enough in comparison to one when the initial loading is between 0.3 and 1.0 pu of power. At the first case the impedance loci, as a function of system impedance, enter inside the 1.0 pu circle in the region of the complex plan from 7 to 9 seconds and afterwards go out of this region; see figure 3. At the second case when the initial loading is more than 0.3 pu of power the impedance loci take place inside the 1.0 pu circle from 2 to 7 seconds. At no load conditions it has been proved that the impedance seen at the machine terminal voltage bus varies between Xd and Xq, parameters of the faulted machine.

The authors suggest protecting synchronous machines against loss-of-excitation contingencies by application of loss-of-excitation relay based on the principles of ohm and mho to protective relays. The principle puts to a useful purpose to protect synchronous machines against loss-of-excitation using a single-phase distance-type relay, a special mho relay set to respond only at 90-degree leading power factor conditions within the limit circle that can be seen in figure 3. However, there is another problem that has already been commented. It is about loss-of-synchronism of the machine that has lost the field. The loss-of-excitation relay only detects loss-of-field of synchronous machine and does not detect loss-of-synchronism. Normally exists a complementary protective circuit that detects loss-of-excitation together synchronous machine undervoltage and trips the machine in a little time of approximately 0.2 seconds.

In general, when a synchronous machine loses the excitation field it might lose synchronism. Loss-of-synchronism does not occur immediately after loss-of-excitation but when loss-of-excitation is going to be together with an undervoltage situation, for example less than 0.8 pu of rated terminal voltage, loss-of-synchronism will occur and the protection will trip the machine for a certain period of time.

This amount of time delay set will be the minimum time required to go over transient effects. The authors consider setting a time delay at 0.5 or 0.6 seconds for general synchronous machine and using a loss-of-excitation relay with a mho characteristic presented in figure 3 as a function of machine parameters. The authors just suggest using with the mho characteristic unit a time delay of 7 or 9 seconds.

Simulating studies applied for hydraulic synchronous machines have shown that a time delay of 0.21 seconds is enough to set the undervoltage unit, and a time delay of 5 or 6 seconds is enough to mho characteristic unit.

In figure 3 we have the following setting values for the mho characteristic:

$$\text{StraightOB} = \frac{\text{X'd}}{2}, \text{ in pu} \quad (7)$$

$$\text{StraightBD} = \text{Xd}, \text{ in pu} \quad (8)$$

[5] states that continued operation of a synchronous generator without excitation causes damage to the machine motivated for heating of the rotor and stator and causes thermal damage to the stator windings too. How long a synchronous machine can be operating without excitation is still unknown. There were some reported situations at which synchronous machines have already lost the synchronism and continued out-of-step. In 1997, in the CEMIG, there was an loss-of-excitation occurrence with the unit 1 of the Martins Plant (4 x 2,750 kW) when the unit 1 (2,750 kW, 4160. Vac, 60 Hz) stayed operating for 1 hour and 5 minutes without field of excitation and at about 57 Hz without apparent damage to the machine. The machine has been operating for about 1 hour as asynchronous motor.

Figure 4 shows the Emborcação Plant-loss-of-excitation relay characteristic for different synchronous machine terminal voltages and in figure 5 we take a look a close at -1.0 pu of reactive power spot to clear it. We can see the loss-of-excitation relay and minimum excitation limiter interaction that we suggest using to guarantee enough selectivity for this protection.

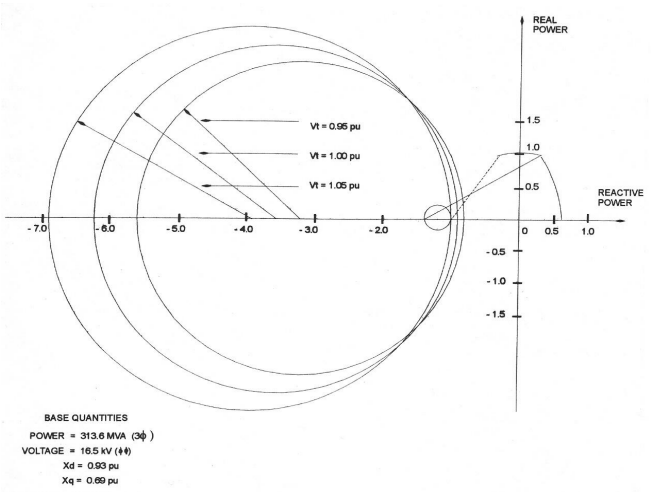


Figure 4 - Real - Reactive Electric Power Co-ordinate Characteristics for Loss-of-Excitation Relay for Different Terminal Voltages in Per Unit

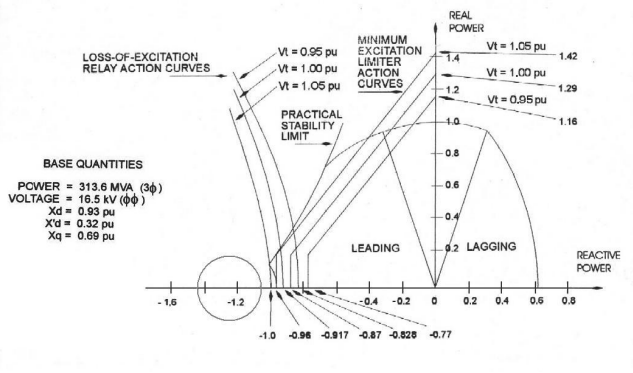


Figure 5 - Loss-of-Excitation Relay versus Minimum Excitation Limiter for Different Terminal Voltages in Per Unit

IV. CONVENTIONAL AND PROPOSED MINIMUM EXCITATION LIMITER

Minimum excitation limiter has been used as a last resort to protect synchronous machine against exceeding thermal limits in the under excitation region. This region is normally assigned on the synchronous machine capability chart that is plotted taking into account the operational limits. On manual voltage regulator, minimum excitation limiter has the important function to prevent operator control and to allow the operation into an under excitation region alerting when the limit is violated.

ISSN 1809-3957

In figure 5 we can see the main characteristics of minimum excitation limiter for different synchronous machine terminal voltages at 90-degree leading power factor point that belongs to the per unit capability diagram. The main characteristic of minimum excitation limiter has based on the straight of figure 6. The operation of minimum excitation limiter as a function of electric power variables can be represented by the following relationship:

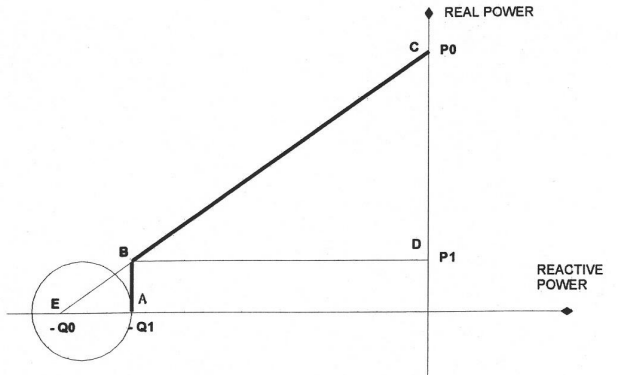


Figure 6 - Minimum Excitation Limiter Characteristic Curve

$$f(P,Q) = P - \left(\frac{P_0}{Q_0}\right)Q - f(V_t) \text{ in pu} \quad (9)$$

$$f(V_t) = P_0\left(1 - 2V_t\right) \text{ in pu} \quad (10)$$

If $f(P,Q) \geq 0$ the limiter starts up and if $f(P,Q) < 0$ the limiter does not start up, remaining off. The minimum excitation limiter action normally actuates on the automatic voltage regulator overriding it, so that other control devices as power system stabilizer, volts-hertz limiter, maximum excitation limiter, armature current limiter and automatic voltage regulator get inhibited. There is a particular discussion over minimum excitation limiter action versus volts-hertz limiter action in [2] and the author shows that it is possible to occur a simultaneous actuation of them what can cause instability on the automatic voltage control. In the Emborcação Plant, if both of devices start up simultaneously, the minimum excitation limiter will prevail over volts-hertz limiter such as suggested in [2] as an arrangement for insurance.

In figure 6 we see that there is another constraint represented by the straight AB that has to join the equation (9) to complete the minimum excitation limiter action. So that minimum excitation limit gets defined by straights AB and BC on the real-reactive electric power co-ordinates such as showed in figure 6. The setting value at the point A depends on the loss-of-excitation protection. We have to take into account that minimum excitation limiter must always operate before loss-of-excitation relay; this is a reason for the constraint represented by the straight AB. We suggest adjusting an interval of approximately 0.05 pu between the minimum excitation limiter actuation and the loss-of-excitation protection actuation at 90-degree leading power factor point on the capability chart as such we can see in figure 5.

The implementation of minimum excitation limiter is sometimes carried out with a certain facility but the real and reactive electric power transducers are expensive and require an accurate electronic device. It's possible to make a new device up with the same performance of the traditional minimum excitation limiter. This new device is based on the mho relay principles and can be compared to an off-set mho distance relay whose adjusting can be seen in figure 7 on the complex plan for Emborcação Plant.

The proposed setting values for the new minimum excitation limiter, as in figure 7, are feasible and depend on the engineering judgment as a function of involved synchronous machine system.

In figure 8 we can see the proposed minimum excitation limiter action at 1.0 pu of synchronous machine terminal voltage on the capability chart.

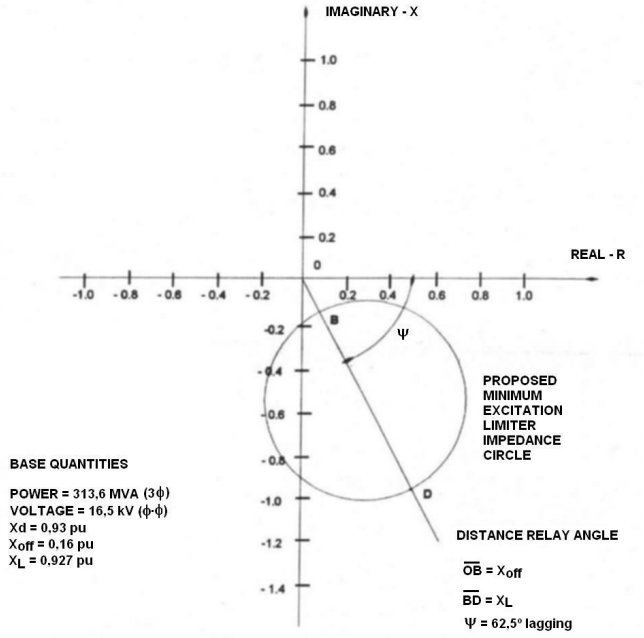


Figure 7 - Proposed Minimum Excitation Limiter Impedance Circle in Per Unit

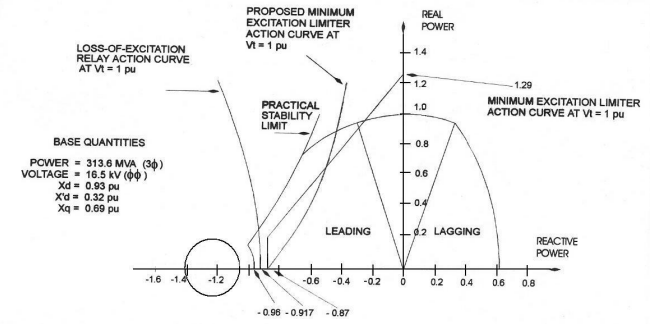


Figure 8 - Loss-of-Excitation versus Proposed Minimum Excitation Limiter at Rated Terminal Voltage in Per Unit

V. CONCLUSIONS

In view of previous comments the loss-of-excitation protection philosophy was presented and always discussed taking into account the minimum excitation limiter action. We have had much extra information about loss-of-excitation from papers included in reference item of this paper. We brought important details about under excitation operation limit for synchronous machines. We have confirmed that the loss-of-excitation relay as an off-set impedance element prevents and provides what is necessary for protection of any synchronous machine against under excitation effects. It has been noted that the best setting is to

ISSN 1809-3957

use a single-phase distance-type relay, a special mho relay set to respond only at 90-degree leading power factor conditions within the limit circle that can be seen in figure 3 that corresponds the setting values for Emborcação Plant.

It's important to comment the conclusions about the simulations applied for hydraulic synchronous machines where inherent studies showed that a time delay of 0.21 seconds is enough to set the under voltage unit, and a time delay of 5 or 6 seconds is enough to mho characteristic unit. These time values have to be verified by simulation analysis to each focused plant. The off-set impedance element pick-up value refers to the limit circle plotted on the complex plan diagram shown in figure 3. The off-set impedance relay limit circle must have a diameter equal to the direct axis synchronous impedance, Xd, and this adjusting is enough to guarantee the solution to the problems of loss-of-excitation as a function of machine loading. We have obtained another important conclusion, when we are going to choose the adjusting between loss-of-excitation relay and minimum excitation limiter we have to permit that the limiter action occur before the relay action. We suggest adjusting an interval of approximately 0.05 pu between the minimum excitation limiter action and the loss-of-excitation protection action at 90-degree leading power factor point on the capability chart as such in figure 5. The relay operation before the limiter operation is wrong and indicates that there is no selectivity.

There is another important discussion about the integrated rate of the minimum excitation limiter integrator circuit. We suggest adjusting the integrator time constant of minimum excitation limiter from 10 to 15 seconds to avoid oscillations in field voltage and current. Paper 5 suggests working with a minimum excitation limiter operating only to give an alarm or, at least, have a slow acting during transients of interconnected system.

Simulation studies have given certain conclusions where synchronous machines were carried to unstable conditions due to interactions between automatic voltage regulator and minimum excitation limiter with volts-hertz limiter not present. This fact is very important because there is another discussion about probable oscillations between minimum excitation limiter and volts-hertz limiter when these limiters operate simultaneously. To avoid these probable oscillations it's possible to include certain electronic changes in the excitation system in order to manage that the minimum excitation limiter output prevails over volts-hertz limiter output.

Finally, we propose a minimum excitation limiter based on the mho relay principles whose adjusting can be seen in figure 7 on the complex plan for Emborcação Plant. The adopted principle is well known and the inherent development is known too.

We can finally resume that the main objective of this paper has always been associated with a discussion about the application of loss-of-excitation protection and minimum excitation limiter to protect synchronous machines against under excitation effects. In view of a lot of information due to specialist authors in reference item we learned that it is important to work with an adequate adjusting to loss-of-excitation relays and that minimum excitation limiters have to be evaluated and adjusted taking into account the system stability.

We have to remember that the most important function of u under excitation devices applied for synchronous machines is to prevent the heating of the stator (iron and wire) under this type of operation.

VI. ACKNOWLEDGMENT

The author acknowledges Electric Engineer Luís Cláudio Vieira, for helping to prepare the drawing material of this paper for the computer application.

VII. REFERENCES

[1] W. A. Elmore, "Generator Protection", "Applied Protective Relaying", chapter 6 , Westinghouse Electric Corporation, Relay-Instruments Division, Coral Springs, Florida, USA, 1982.

[2] J. R. Ribeiro, "Minimum Excitation Limiter Effects on Generator Response to System Disturbances", *IEEE Transactions on Energy Conversion*, Vol 6, nº. 1, March 1991.

[3] A. R. van C. Warrington, "Application of the Ohm and Mho Principles to Protective Relays", *AIEE Transactions*, Vol 65, pp. 378-386, 1946.

[4] C. R. Mason, "A New Loss-of-Excitation Relay for Synchronous Generators", *AIEE Transactions*, Vol 68, pp. 1240-1245, 1949.

[5] R. L. Tremaine and J. L. Blackburn, "Loss-of-Field Protection for Synchronous Machines", *AIEE Transactions* Part III A, Vol 73, pp. 765-772, August 1954.

[6] J. Berdy, "Loss-of-Excitation Protection for Modern Synchronous Generators", *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, Vol PAS 94, pp. 1457-1463, October 1975.

[7] Edith Clarke, "Impedance Seen by Relays During Power Swings with and without Faults", *AIEE Transactions*, Vol 64, pp. 372-384, 1948.

[8] Edith Clarke, "Circuit Analysis of A-C Systems" , Vol 2, General Electric Series, John Willey & Sons Inc., N. York, USA, 1948.

[9] J. H. Walker, "Operating Characteristics of Salient-Pole Machines", The British Thomson-Houston Co. Ltd, Paper nº. 1411, August 1952.

[10] C. W. F. Mackenzie, J. A. Imhof, C. Dewey, E. J. Emmerling, F. H. Freer, S. H. Horowitz & C. L. Wagner, "Loss-of-Excitation Relay Operation During System Disturbances Working Group Report - June 1971", *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, Vol PAS 94, pp. 1464-1472, September / October 1975.

VIII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

PROPOSTA DE UM SISTEMA CLASSIFICADOR DE MATERIAIS RECICLÁVEIS BASEADO NOS CONCEITOS DE TECNOLOGIA DE GRUPO E *FEATURES* DE FABRICAÇÃO

MATHEUS B. CANCIGLIERI; ATHON FRANCISCO C.S. DE M. LEITE; ANDERSON LUIS SZEJKA; OSIRIS CANCIGLIERI JUNIOR
PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ-PUCPR
matcanci@hotmail.com; athon_f@yahoo.com.br; anderson.szejka@pucpr.br; osiris.canciglieri@pucpr.br.

Resumo – O ambiente fabril vem evoluindo constantemente e tem exigido cada vez mais organização e agilidade no gerenciamento dos seus processos de manufatura, visando sempre à redução de custos e o tempo de desenvolvimento de novos produtos. Aliado a isso, a sociedade atual tem exigido da indústria um posicionamento sustentável, com o desenvolvimento de produtos denominados "verdes" constituídos principalmente de materiais reciclados e descartados. Desta forma, as tecnologias de sistemas gerenciadores de banco de dados, conceitos de tecnologia de grupo e features de fabricação podem ser uma solução eficaz para a otimização de processos e quando somados a conceitos de desenvolvimento sustentável criam uma ferramenta estruturada de planejamento sustentável, proporcionando à indústria a organização dos processos de concepção e manufatura de novos produtos sustentáveis com uma melhora qualitativa em sua aceitação pelo mercado e com um custo viável. Para isso, faz-se necessário conhecer o campo de atuação através de uma revisão bibliográfica para que se possa propor um modelo conceitual de um sistema classificador de materiais recicláveis baseado em tecnologia de grupo e features de fabricação que integre de uma forma estruturada e viável o projeto de produto com materiais recicláveis e descartados subsidiando com informações todo o processo de desenvolvimento e manufatura.

Palavras-chave: Tecnologia de Grupo. Features de Fabricação. Sistema Gerenciador de Banco de Dados.

I. INTRODUÇÃO

Na indústria existe a necessidade de obtenção de dados com o objetivo de facilitar os processos de concepção e fabricação de novos produtos de maneira mais rápida, com maior qualidade e menor custo. Para aperfeiçoar essa coleta de dados, com o passar do tempo, foram criadas filosofias como a tecnologia de grupo, conceitos como Features e sistemas de apoio como software CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing) e os SGBDs (Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados) que auxiliam na integração e na manipulação de dados provenientes das fases do desenvolvimento de produto.

Os sistemas CAD/CAM são ambientes computacionais que aumentam a velocidade na qual um produto é concebido fazendo com que os desenhos de peças e processos de manufatura sejam simulados virtualmente. Esses ambientes auxiliam na troca de dados entre as fases do desenvolvimento do produto, permitindo uma maior automatização no projeto e na manufatura, reduzindo o erro e aumentando a integração das diversas etapas de planejamento.

Os sistemas gerenciadores de banco de dados são ferramentas úteis para inúmeras tarefas do cotidiano, seja utilizando um computador ou até mesmo pagando uma conta em um banco. Os SGBDs orientados à manufatura são estruturas que armazenam e permitem a manipulação de dados de forma a torná-los comunicantes, facilitando a organização e agilidade dos processos de manufatura.

A atual demanda de produtos sustentáveis exige um melhor planejamento e organização dos processos de concepção e manufatura para que haja uma melhora qualitativa na aceitação desses produtos e um menor custo para produzi-los. Dessa forma, esses produtos tornam-se mais competitivos no mercado promovendo a melhoria da qualidade de vida da população por meio da redução de produtos recicláveis e descartados. Com essa ideia, o objetivo desse trabalho é propor um sistema gerenciador de banco de dados que dá suporte à criação de produtos sustentáveis constituídos de materiais descartados e recicláveis através de um código baseado em tecnologia de grupo e features.

II. METODOLOGIA DE PESQUISA

O projeto de pesquisa desenvolvido é considerado de natureza aplicada, pois se utiliza de conceitos e metodologias já existentes e fundamentados para atingir o objetivo proposto. Tem uma abordagem qualitativa, pois busca uma compreensão profunda de um fenômeno específico através de descrições, comparações e interpretações exploratórias, a fim de proporcionar maior familiaridade com o problema. Os objetivos científicos desta pesquisa são exploratórios, pois proporcionam um maior conhecimento do fenômeno cuja definição ou problemática ainda não estejam completamente explícitos. Com relação aos procedimentos técnicos é considerada bibliográfica e estudo de caso.

No desenvolvimento da pesquisa foi elaborado um sistema gerenciador de banco de dados que através das informações disponibilizadas pela utilização da tecnologia de grupo e *features* de fabricação, em um ambiente de desenvolvimento integrado de produto, viabilizando a produção em larga escala de produtos sustentáveis. Para que o SGBD fosse desenvolvido de forma coerente e que atingisse o objetivo proposto foi necessário seguir uma série de etapas, conforme apresentada na Figura 1.

ISSN 1809-3957

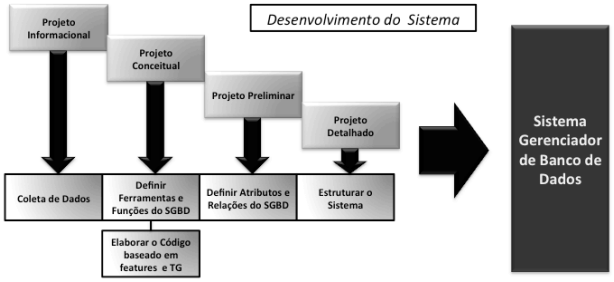


Figura 1 - Procedimentos Técnicos da Pesquisa
Fonte: O Autor

Para suportar a pesquisa foi realizado um levantamento bibliográfico sobre os tópicos de relevância ao estudo como engenharia simultânea, tecnologia de grupo, SGBD, entre outros temas. No projeto informacional foi realizado o levantamento da matéria descartada e reciclável juntamente com os processos de manufatura utilizados nesses materiais para a criação de produtos sustentáveis. Durante o projeto conceitual foi elaborado a estrutura do código baseado nos conceitos de *features* e tecnologia de grupo além da escolha das ferramentas de construção do SGBD e a função do sistema, conforme a Figura 2.

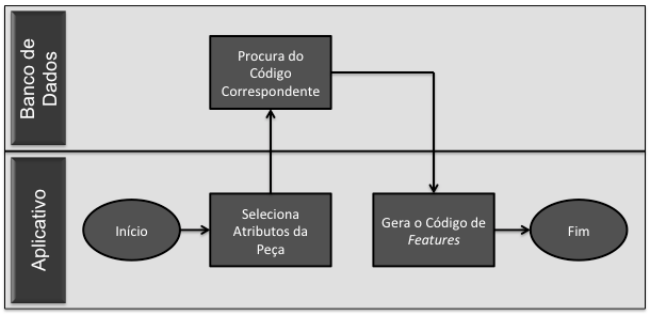


Figura 2 - Modelo Conceitual do Sistema Gerenciador de Banco de Dados
Fonte: O Autor

Após o projeto conceitual, o desenvolvimento do SGBD seguiu para o projeto preliminar, onde são definidos os atributos do banco de dados e seus relacionamentos, e então para o projeto detalhado, que tratou da estruturação e otimização do sistema.

III. EMBASAMENTO TEÓRICO

A primeira etapa para a elaboração do código baseado em Tecnologia de Grupo e *Features* de fabricação juntamente com o banco de dados é realizar um levantamento teórico sobre esses tópicos e sobre a Engenharia Simultânea.

Segundo Silva e Ganga (2006), a tecnologia de grupo é uma filosofia que define a solução de problemas através de semelhanças tentando conseguir vantagens econômicas e operacionais através da exploração dessas semelhanças. Para este autor, a tecnologia de grupo além de ser uma filosofia é também uma ferramenta que auxilia no projeto de layout de uma fábrica. Para a aplicação dos conceitos da tecnologia de grupo integrada com auxílio computacional é essencial a formação das famílias de peças. Essa integração resulta num alto nível de automação envolvendo a manufatura (utilização de softwares CAM, CAPP (*Computer Aided Process Planing*, robôs)) e projeto (utilização de software CAD) e também padroniza as informações de projeto e processo aumentando a produtividade, reduzindo o tempo e o custo da fabricação do produto (CANCIGLIERI Jr., 1994).

Um código baseado em tecnologia de grupo nada mais é do que uma sequência de números onde a posição de cada algarismo representa uma informação tecnológica do produto. Uma implementação de tecnologia de grupo em uma empresa tem diferentes usos, por exemplo, auxiliar na implementação de um modelo de manufatura celular, gerenciar recursos, planejamento do processo e padronização do produto (HERMANN; SINGH, 1997 apud. SNEAD, 1989).

Canciglieri Jr. (1994) menciona que durante as atividades de projeto é possível representar a geometria das peças, mas isso só será possível levando-se em consideração as informações tecnológicas tais como tolerância (geométrica e dimensional), propriedades mecânicas dos outros. Isto pode ser solucionado utilizando-se o elemento "*feature*" que permite a incorporação das informações tecnológicas às representações geométricas. O mesmo autor afirma que o conceito de *feature* é a representação das características, tanto geométricas quanto tecnológicas de uma peça em uma forma única. As *features* são pré-definidas e contêm um número limitado de elementos que carregam as informações relativas à manufatura e ao projeto.

Num contexto de co-dependência entre o planejamento e o sequenciamento da produção é de vital importância adiar as decisões de seleção e escalonamento das *features* até o sequenciamento da produção, pois conforme FERREIRA et al (2004) diferentes opções de planejamento podem implicar em diferentes utilizações dos recursos, portanto as escolhas feitas no planejamento irá depender da disponibilidade de recursos no início da produção. A redução na janela entre a criação das *features* e o sequenciamento da produção reflete mais fielmente o status do chão-de-fábrica na hora do início da manufatura. Contudo, pode haver dificuldades na manipulação das *features,* tais como dificuldades no reconhecimento se as definições não forem bem claras e se o processo de fabricação não for bem definido. Portanto para um bom desempenho dos *features* é necessário um bom esquema de definição e classificação (CANCIGLIERI Jr. 1994).

Para o armazenamento e consulta dos códigos baseados em tecnologia de grupo e das *features* de fabricação é necessário um sistema gerenciador de banco de dados. Um Banco de Dados é basicamente um conjunto de dados coerentes (tabelas) que possuem um significado agregado e podem ou não comunicar-se entre si. Para gerenciar esse conjunto de tabelas, existem diversos aplicativos e softwares disponíveis. Esses são os chamados Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados, ou simplesmente SGBD (MIYAGUSKU, 2008).

Os primeiros SGBD foram desenvolvidos comercialmente no fim da década de 60, ainda baseados nos antigos sistemas de arquivos e não suportavam o acesso de muitos usuários ou a execução de muitos processos simultaneamente. A evolução desses sistemas foi significativa ao longo dos anos e hoje permite uma gama bastante abrangente de formas de organização dos dados, sendo as principais o modelo hierárquico e o modelo relacional, (TAKAI, *et al*., 2005).

Moraes (2009) apud. Chen, (1976) apontam ainda o sistema entidade-relacionamento como um modelo de maior

ISSN 1809-3957

capacidade semântica que adota entidade como sendo um conjunto de objetos que formam o mundo real por meio de seus relacionamentos (associações). Outro ponto fundamental quando se trabalha com bancos de dados é o planejamento do projeto. Para Heuser (1998), o projeto de BD segue geralmente três etapas. A primeira, a modelagem conceitual, que consiste na captura formal dos "requisitos de informação de um banco de dados"; a segunda, o projeto preliminar, define as estruturas de dados que serão implementadas baseadas nas informações obtidas no modelo conceitual e a terceira etapa, o projeto detalhado, que otimiza o desempenho do sistema por meio da definição de parâmetros de acesso ao BD.

Para o desenvolvimento de um banco de dados, grande parte dos autores aponta a linguagem SQL (Structure Query Language) como uma ferramenta de grande ajuda e fácil manuseio. SQL é uma forma de manipular e alterar informações em um banco de dados através da criação de uma interface com o usuário e aplicação no modelo criado (MIYAGUSKU, 2008).

Os bancos de dados são importantes em um processo por garantirem a organização e até mesmo facilitar a comunicação em diferentes níveis do projeto, desde a concepção até a produção e venda. Essa estrutura deve estar presente em todos os processos para que haja mais comunicação e consistência nas áreas englobadas.

A comunicação é essencial para que haja mais agilidade nos processos, assim como a integração das fases do projeto de produto. O desenvolvimento integrado de produto é uma importante ferramenta para facilitar a simultaneidade interfases do projeto. Apesar do grande auxílio proporcionado pelo desenvolvimento tradicional de produto, ao longo do tempo foi constatado que o nível de falhas ainda era elevado, possivelmente pela tomada de decisões em uma fase inicial de projeto. Era necessário uma abordagem mais sistemática e flexível para diminuir os custos (FIGUEIREDO et al, 2011; apud. ROZENFELD, 2006). O Desenvolvimento Integrado de Produto foi uma proposta de sistematização da abordagem tradicional do PDP, que era sequencial, sendo que o início de seu desenvolvimento remonta aos anos 90. Esta abordagem visava uma maior rapidez e adaptabilidade do produto frente às mudanças no seu projeto (PIMENTEL; AUGUSTO, 2002). O DIP tem como princípio fundamental integrar as atividades ligadas ao desenvolvimento nas áreas de produção, marketing e produto. A união entre projeto e produto inclui o conceito de planejamento contínuo, que consiste em sistematizar a produção de uma forma a aumentar a comunicação e flexibilidade do projeto (JORDAN, 2004; apud. ANDREASEN; HEIN, 1987).

IV. MODELO CONCEITUAL

O trabalho aqui apresentado mostra a necessidade do desenvolvimento de um modelo conceitual (Figura 3), que propõe demonstrar o funcionamento de um projeto de sistema computacional baseado em tecnologia de grupo e features de fabricação que auxiliará o desenvolvimento de um sistema de aquecimento solar de água (SASA).

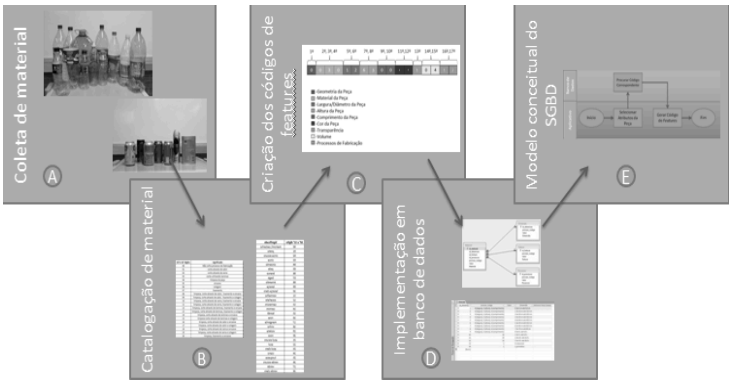


Figura 3 - Modelo Conceitual da Pesquisa
Fonte: O Autor

A Figura 4 mostra a primeira etapa presente no modelo conceitual que representa a coleta e separação dos materiais recicláveis e descartados mais comumente encontrados no lixo facilitando a aquisição de matéria prima que será utilizada na criação de produtos sustentáveis fabricados a partir desses materiais. Durante essa etapa também foram analisados os possíveis processos de manufatura que esses materiais poderiam sofrer.

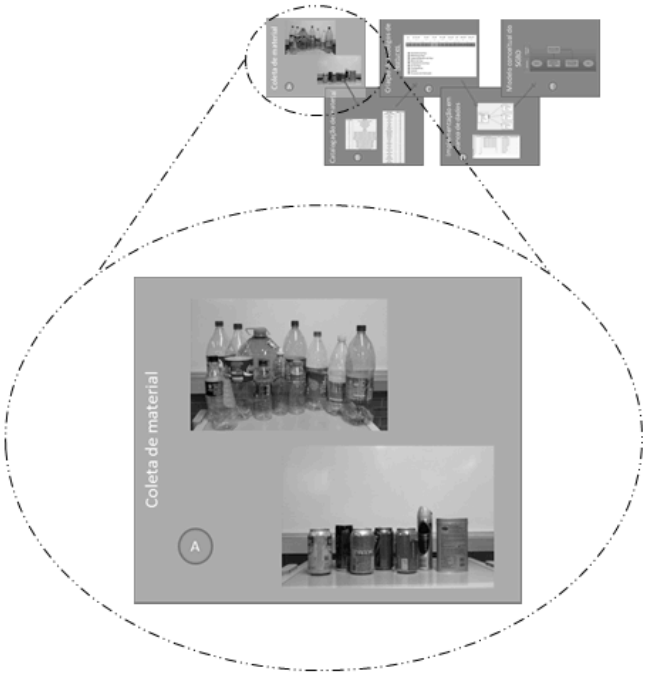


Figura 4 - Etapa da coleta de informações sobre materiais recicláveis e descartados
Fonte: O Autor

Após a seleção dos materiais foram definidas e classificadas as *features* de fabricação do produto, isto é, as características geométricas e tecnológicas de todos os materiais, como as dimensões, geometria, cor, transparência, material de constituição, volume e processos de manufatura, conforme apresentado na Figura 5.

ISSN 1809-3957

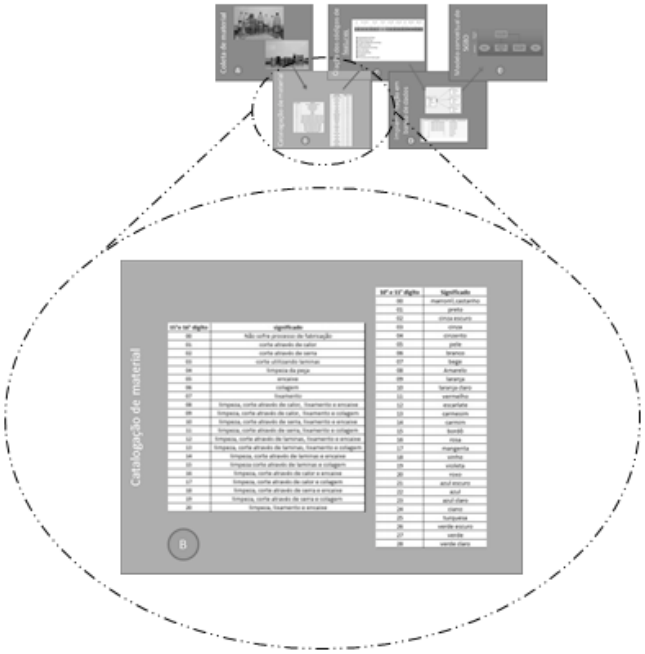


Figura 5 - Classificação das características geométricas e tecnológicas dos materiais recicláveis e descartados
Fonte: O Autor

Essas informações são de grande importância ao processo de desenvolvimento de produtos sustentáveis, pois organizam os materiais por suas semelhanças e assim tornam a manufatura do produto mais rápida e barata.

Na Figura 6 há a formulação do código baseado em Tecnologia de Grupo com as *features* previamente classificadas. Esse código possui ao todo 17 dígitos que representam as características dos materiais recicláveis e descartados, sendo composto de monocódigos e policódigos.

As *features* e a estrutura do código baseados em Tecnologia de Grupo concebida nesse estudo e aplicadas em um banco de dados podem auxiliar na redução de tempo e custos durante todas as etapas de desenvolvimento de produtos sustentáveis, desde sua concepção até a manufatura, viabilizando o processo de produção em larga escala de produtos sustentáveis constituídos de materiais recicláveis e descartados.

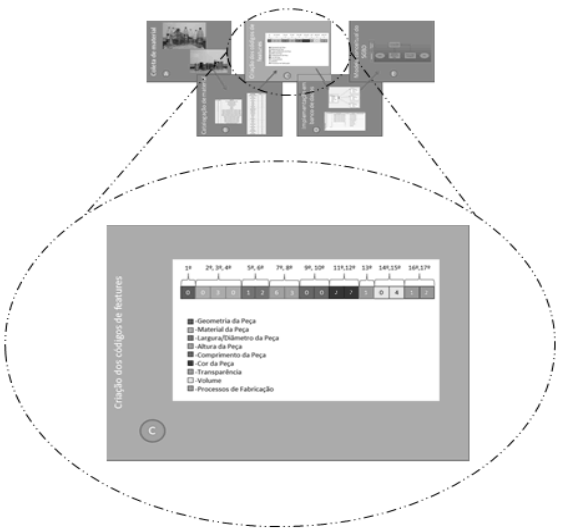


Figura 6 - Estruturação do código baseado em Tecnologia de Grupo e *Features* de Fabricação
Fonte: O Autor

Com a definição do conceito e formação do código da tecnologia de grupo,a próxima etapa é a definição de ferramentas (projeto conceitual) e então a criação de entidades e a lógica do sistema (projeto preliminar). As duas últimas podem ser vistas na Figura 7.

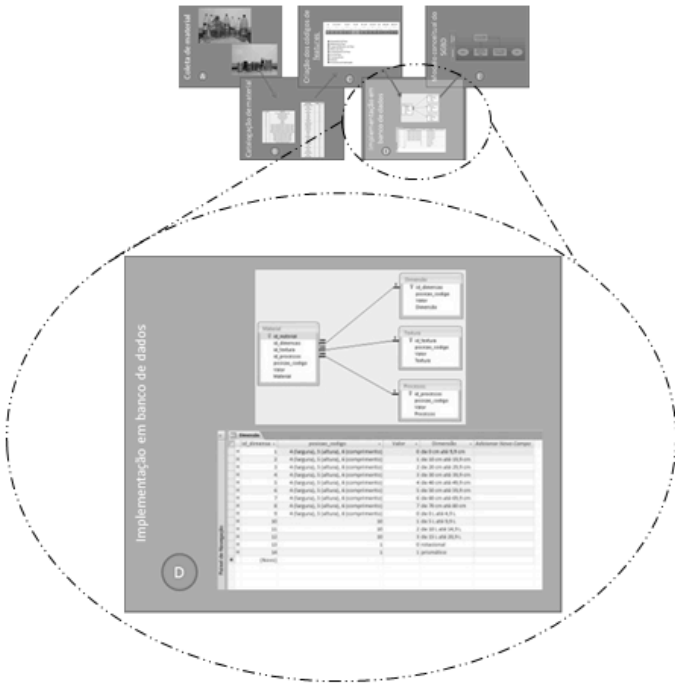


Figura 7 - Definição das ferramentas e das relações utilizadas para a criação do SGBD
Fonte: O Autor

O estágio seguinte é o desenvolvimento do sistema e construção do aplicativo que irá gerenciar as informações. Nesta etapa, o modelo conceitual da aplicação é colocado em prática no chamado processo detalhado. Uma demonstração dessa etapa pode ser vista na Figura 8.

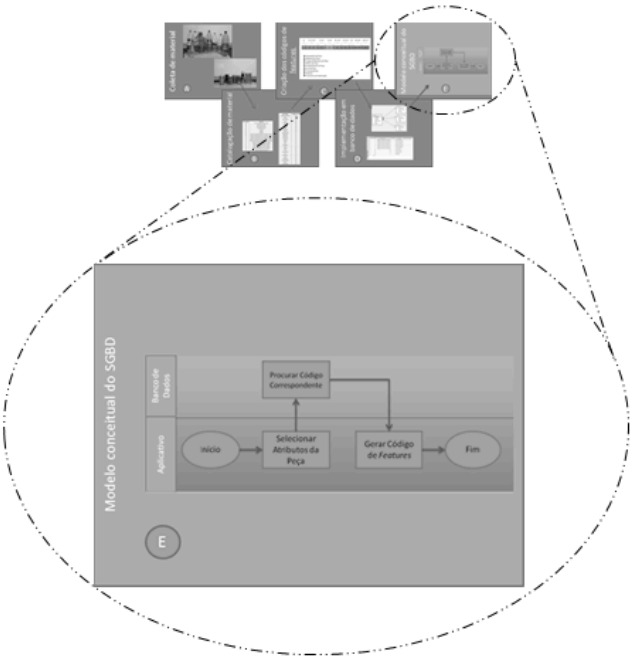


Figura 8 - Implementação do SGBD
Fonte: O Autor

O sistema gerado pode auxiliar no desenvolvimento integrado de produto utilizando os conceitos de banco de

ISSN 1809-3957

dados, tecnologia de grupo e features de fabricação, o que contribuirá para uma maior organização e diminuição do tempo de transporte entre os processos de manufatura.

V. IMPLEMENTAÇÃO

Com base no modelo conceitual do sistema, foi possível construir a lógica por trás do *software* em linguagem C++. O aplicativo elaborado foi feito com base nas informações retiradas do processo de coleta de dados e elaboração do código da tecnologia de grupo que demonstra as *features* dos materiais coletados. O funcionamento do aplicativo será melhor detalhado no item VI, em que serão realizados estudos de caso com a finalidade de validar o sistema.O sistema foi pensado de forma a oferecer uma interface amigável ao usuário, exigindo o mínimo de treinamento e sendo de fácil assimilação.

O primeiro protótipo apresentado demonstrou sinergia com o modelo proposto e futuramente pode ser uma ferramenta que prestará grande auxílio em trabalhos similares.

VI. ESTUDOS DE CASOS

O Sistema Gerenciador de Banco de Dados proposto neste trabalho foi alimentado com as informações provenientes do código baseado em Tecnologia de Grupo e *features* de fabricação. O sistema torna possível a classificação automática da peça com a entrada das suas informações ou ainda a recuperação destas através da utilização de seu código. Uma demonstração da interface apresentada ao usuário pode ser vista na Figura 9.

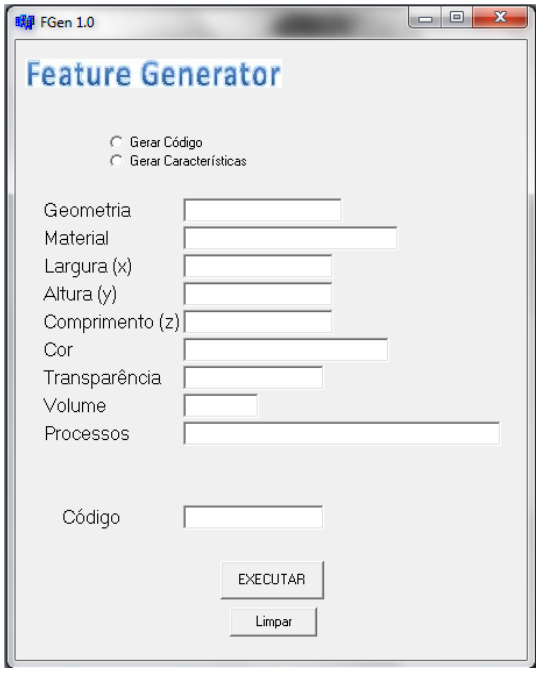


Figura 9 - Interface do Sistema Gerenciador de Banco de Dados
Fonte: O Autor

O funcionamento do aplicativo é simplificado para facilitar a interação com o usuário e permitir maior agilidade ao se entrar com os dados. O sistema apresentado foi desenvolvido no *software Borland C++ Builder 6*, um programa simples e de fácil utilização.

O primeiro teste de validação do sistema envolve a escolha da opção de geração de código e então a entrada das informações da peça pelo usuário (Figura 10).

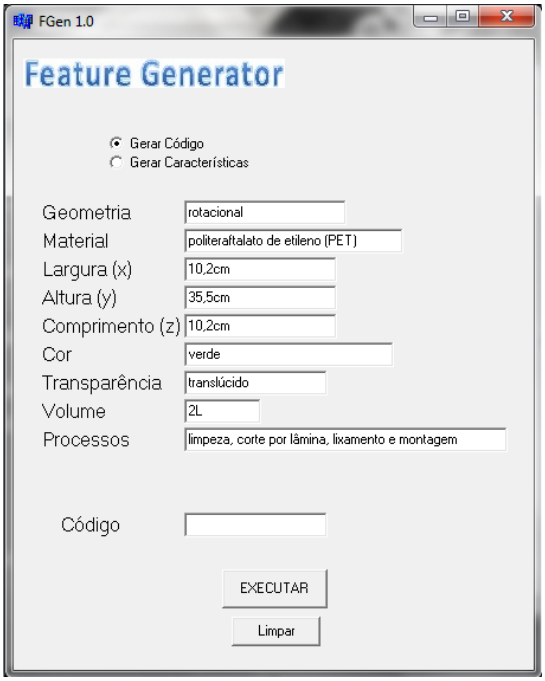


Figura 10 - Entrada dos dados da peça a qual será classificada
Fonte: O Autor

Após executar o programa, o *software* procurará o código correspondente às características da peça no banco de dados e então fornecerá o código, como mostra a Figura 11, permitindo a classificação e encaminhamento da peça ao processo ou estoque.

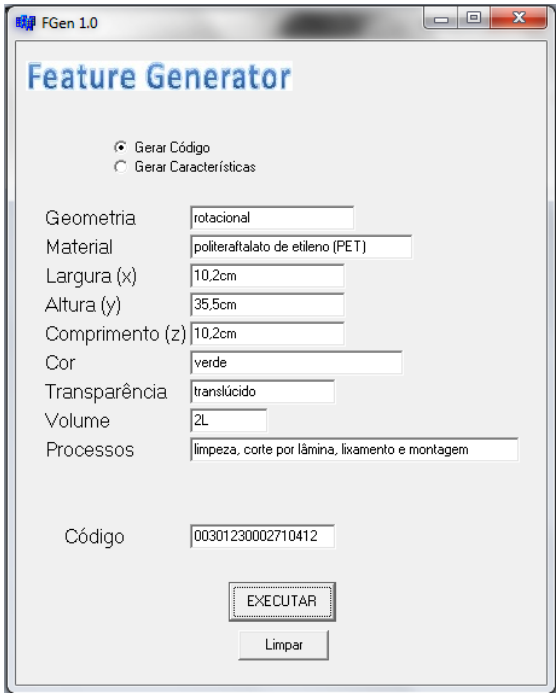


Figura 11 - Geração do código baseado em Tecnologia de Grupo com a entrada das informações da peça
Fonte: O Autor

Para o segundo teste de validação foi realizado o caminho inverso, ou seja, foi necessário utilizar a opção de geração de características no aplicativo. Nesse caso o

ISSN 1809-3957

usuário entra apenas com o código da peça, como pode ser visto na Figura 12.

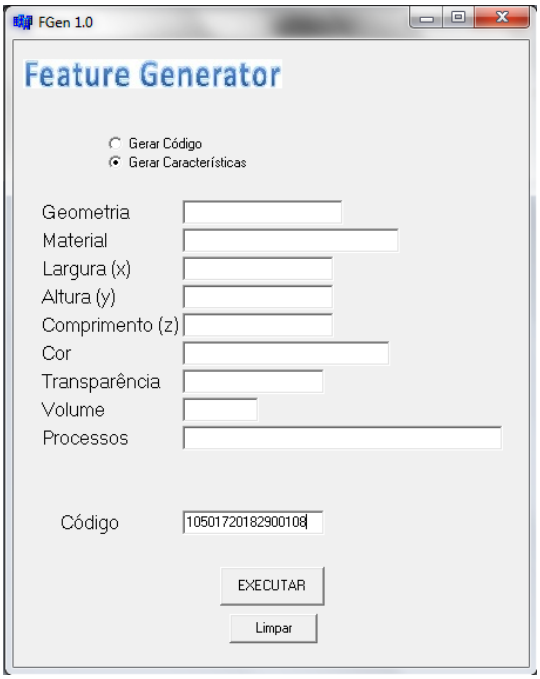


Figura 12 - Entrada do código baseado em Tecnologia de Grupo
Fonte: O Autor

Ao executar, o programa procurará a característica associada ao código e então irá transcrevê-las em seus respectivos campos , mostrado na Figura 13. Dessa forma existe mais segurança ao analisar e processar os dados, evitando erros ao transportar ou classificar a peça.

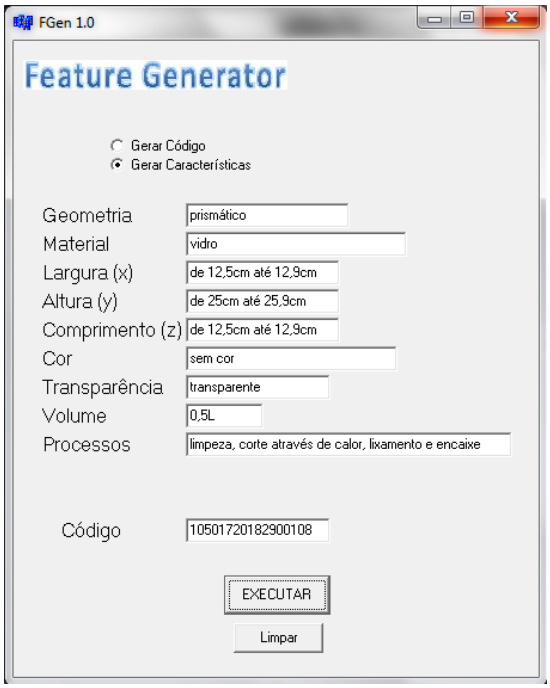


Figura 13 - Apresentação das características da peça com a entrada do código baseado em TG
Fonte: O Autor

Os casos estudados demonstram a utilização e funcionamento do sistema, apresentando uma fácil utilização e podendo ser de grande auxílio em um ambiente de manufatura sustentável.

VII. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou a estruturação e o desenvolvimento de um código baseado em tecnologia de grupo e *features* de fabricação juntamente com o desenvolvimento de um sistema gerenciador de banco de dados cuja principal função é dar suporte ao desenvolvimento de produtos sustentáveis constituídos de materiais recicláveis e descartados.

A estrutura concebida tem destaque em ambientes integrados, pois um código de tecnologia de grupo integra em sua estrutura as informações geométricas e tecnológicas do material promovendo uma redução de custos e tempo em todas as etapas do processo de produção, desde a concepção do produto até sua manufatura, aumentando a qualidade através de sua padronização, enquanto a utilização do banco de dados facilita o desenvolvimento integrado de produto, pois direciona os dados fornecidos pelo código e os organiza diminuindo os erros no armazenamento.

O Sistema Gerenciador de Banco de Dados é uma ferramenta que se mostrou indispensável a qualquer processo, organizado o que ocorre em um ambiente de manufatura. O SGBD permitiu a manipulação e a facilidade de acesso aos dados do processo possibilitando o aumento da automatização dos processos de manufatura utilizados para a criação de um produto sustentável, além de proporcionar uma maior organização da matéria prima que por sua vez reduz o tempo de fabricação do produto sem comprometer sua qualidade.

Com a utilização do sistema proposto é possível viabilizar o desenvolvimento de novos produtos sustentáveis de forma barata e rápida em um ambiente que integra o processo de desenvolvimento de produto a manufatura assegurando a qualidade do produto final.

VIII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACK, N.; OGLIARI, A. “Desenvolvimento de Produto: Engenharia Simultânea.” In: **Gerenciamento do Desenvolvimento de Produtos**, cap. 4. UFSC: Florianópolis, 2000.

BACK, N.; OGLIARI, A.; DIAS, A.; SILVA, J.C. “Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem”. Barueri, SP: **Manole**, 2008.

BLACK, J. T. “O Projeto da Fábrica Com Futuro. Artes Médicas”: Porto Alegre, 1998.

CANCIGLIERI JR,” O. Sistema Gerador e Classificador de *Features* de Fabricação para Peças Rotacionais”. Dissertação de Mestrado DEF/FEM/UNICAMP: Campinas, SP, 1994.

CANCIGLIERI JR., O.; YOUNG, R. M. Estrutura de informação como suporte em múltiplas vistas do produto num projeto orientado para a manufatura**. Produção, v.6, n.2, p. 354-374**, Maio/Agosto, 2006.

CLÍMACO, R.R. “Tecnologia de grupo e manufatura celular aplicadas ao projeto de leiaute industrial para pequenas e médias empresas: simplificação do fluxo de produção de uma empresa metal mecânica”. **ENEGEP, 2003.**

COSTA, D.D.de; PEREIRA, A.G. “Programação CNC Baseada em Features”. Uberlândia, MG, **2º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação:**, 2003

DATE, C J. “Introdução a Sistemas de Banco de Dados”. Cap 1. 8ª edição. Elseveir. Rio de Janeiro, Brasil. 2004.

HEUSER, C. A., “Projeto de Banco de Dados”. Instituto de Informática da UFRGS- 4ª edição. Porto Alegre, 1998.

MIYAGUSKU, R. “Curso Prático de SQL”. Digerati Books. São Paulo, 2008.

RAMEZ, E.; NAVATHE, S. B. “Sistemas de Bancos de Dados”. Cap 1. 1ª edição. **Pearson Addison Wesley**. São Paulo, Brasil. 2005.

ROZENFELD, H.; ZANCUL, E. Engenharia Simultânea. Disponivel em: <http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec/engsimul_v2.html> acessa do em 31 de março 2012 >.

TAKAI, O. K.; ITALIANO, I. C.; FERREIRA, J. E. “Introdução a Banco de Dados”. DCC-IME-USP: São Paulo, 2005.

UlRICH, K.T.; EPPINGER,S.D. “Product Design and Development”. Cap.11. 2 ed. Irwin McGraw-Hill, 2000.

IX. COPYRIGHT

Direitos autorais: os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.