REVISTA

SOLUÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO PAÍS

VOLUME 6 - N° 65 - Maio / 2011
ISSN - 1809-3957

ARTIGOS PUBLICADOS

PUBLICAÇÃO MENSAL
Nesta edição

O IMPACTO DA CRISE DE 2007/2008 SOBRE OS INVESTIMENTOS DIRETOS ESTRANGEIROS NA AMÉRICA LATINA EM TECNOLOGIA – Eduardo Martins Morgado 03

AUTOMAÇÃO DE HORÁRIOS ESCOLAR UM ESTUDO UTILIZANDO UMA ABORDAGEM SOBRE ALGORITMO GENÉTICO - Marta C. Pina , Marcio M. Abud 07

PREVISÃO DA DEMANDA DE SOJA DO ESTADO DO PARANÁ UTILIZANDO OS MÉTODOS DE HOLT E AUTOREGRESSÃO - *S. P. Detro, Teófilo Miguel de Souza, O. Canciglieri Jr.* 20

SISTEMATIZANDO FATORES DE DESEMPENHO PARA MELHORIA DOS PROCESSOS NO SETOR DE SERVIÇOS - M. L. M. Okumura, C. E. B. Carvalho, E. Pinheiro de Lima, Teófilo Miguel de Souza, O. Canciglieri Jr. 26

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

ISSN 1809-3957

Soluções para o Desenvolvimento do País / Maio de 2011

O IMPACTO DA CRISE DE 2007/2008 SOBRE OS INVESTIMENTOS DIRETOS ESTRANGEIROS NA AMÉRICA LATINA EM TECNOLOGIA

Eduardo Martins Morgado - Visiting Scholar at INSEAD France - Strategy Department
Universidade Estadual Paulista – Depto de Computação - UNESP – emorgado@fc.unesp.br

Abstract

Investimentos em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação são as formas mais eficazes para se tirar e manter países fora da recessão [1]. Nesse artigo, vamos avaliar o impacto da crise de 2007/2008 sobre os investimentos diretos estrangeiros1 na América Latina em Pesquisa e Desenvolvimento, procurando entender porque os investimentos em alta tecnologia são tão baixos na região, uma vez que seriam uma forma bastante eficaz para o desenvolvimento regional.

Keywords: Crise 2007/2008; Investimentos Diretos Estrangeiros na América Latina; Ivestimentos em alta tecnologia na América Latina; Desenvolvimento Regional;

Background

Com base em estudos de CASANOVA (2004), o ambiente macroeconômico da década de 90, foi bastante favorável para a América Latina em termos de investimentos IDE, devido às reformas implantadas pela maioria dos países, como a liberalização do comércio, privatização do setor público, desregulamentação do mercado e reformas fiscais. Ainda segundo CASANOVA)2—4), esse conjunto de mudanças macroeconômicas tornou esse mercado altamente atraente para as multinacionais, aumentando o investimento IDE de US$ 18 bilhões no início da década de 90, para um máximo de US$ 108 bilhões em 1999 [9]. Depois desse "pico" de investimentos em 1999, os investimentos foram caindo gradativamente até 2002, quando chegaram a US$ 45 bilhões, fato atribuído à crise na Ásia e Rússia, com quem a América Latina passou a competir.

I. Impacto da crise 2007 / 2008 no Investimento Direto Estrangeiro na América Latina

Após a crise 2007/2008, Segundo a ECLAC - Economic Commission for Latin America and the Carribean; (ECLAC, 2009) o investimento IDE sofreu uma nova grande queda de 2008 para 2009, que atingiu todos os países da América Latina (queda média de 41.2%). De acordo com ECLAC (2009), em 2009, a América do Sul recebeu 71% do total do IDE para a América Latina e Caribe. O Brasil, Chile e Colômbia foram os países que receberam os maiores investimentos, atraindo 84% dos investimentos totais.

I.2 Sobre a natureza dos cortes nos Investimentos Diretos Estrangeiros na América Latina

Apesar da redução dos investimentos IDE ter sido geral e atingido praticamente quase todos os países, eles foram bem seletivos setorialmente. Com exceção do Brasil, que sofreu cortes diretos nos setores Primário e Terciário, todos os outros países receberam investimentos dirigidos apenas para o Setor Primário, através de fusões e aquisições, as estratégias básicas adotadas pelos investidores e, em momento altamente desfavorável para os países receptores: quando as empresas de commodities, como minérios, madeira, produtos agrícolas, estavam com seus produtos em baixa.

II. O Investimento Direto Estrangeiro em termos de Intensidade Tecnológica

Se analisarmos como os investimentos IDE se distribuíram em termos de Intensidade Tecnológica num período mais longo (de 2003 a 2009), Poderemos observar, segundo OECD (2010), que eles se concentraram nas indústrias de "média-baixa-tecnologia" que receberam em média, 53% dos investimentos. Foram investimentos em áreas altamente "recurso-intensivos", como, por exemplo, a de petróleo e mineração. As indústrias de "média-alta-tecnologia" foram a segunda categoria em termos de investimentos, mas receberam apenas cerca de 24%. Nessa categoria se incluem a indústria automobilística, a manufatura de maquinários e equipamentos,

1 FDI – Foreign Direct Investments ou Investimento Direto Estrangeiro – IDE (em Português).

ISSN 1809-3957

tendo esses investimentos sido feitos, basicamente no México e Brasil.

As "indústrias de alta- e baixa-tecnologia" foram os que receberam as taxas de investimentos. O segmento "baixa-tecnologia" recebeu, em média, 15% de participação nos investimentos e englobou a maior parte das atividades "mão-de-obra intensiva", como, por exemplo, a indústria têxtil, de couro, madeira e papel; bem como as indústrias "recursos-intensivos" como alimentos e bebidas, tabaco e produção de papel; indústrias tradicionalmente associadas com mão de obra menos especializadas e de tecnologias padronizadas. Por fim, as "indústrias de alta-tecnologia", foram as que receberam a menor porcentagem de investimentos - apenas 7% em 2009.

Segundo ECLAC (2009),Tomando os dados de 2009, pós-crise, portanto, a situação praticamente não se alterou, ficando evidente apenas que de 2008 para 2009, os investimentos nas indústrias "baixa-tecnologia-", passaram de 15% para 21%, mas às custas de uma queda de investimentos nas indústrias "media-alta-tecnologia-" que caíram de 24% para 16%.

Considerando a destinação geográfica dos investimentos de 2009 em projetos de Manufatura, o México se destacou como o principal destino em termos de indústrias "alta tecnologia" (72%) e de "baixa tecnologia" (82%), enquanto o Brasil foi o principal destino das indústrias de "média-baixa-tecnologia" (55%) e de "média-alta tecnologia" (52%). Os Estados Unidos continuaram sendo o principal país de origem dos IDE de 2009, exceto para as indústrias "média-baixa-tecnologia", para as quais os principais investidores foram o Brasil, Luxemburgo e China.

Alta		**Média-Alta**		**Média-Baixa**		**Baixa Tecnologia**	
México	71.76%	Brasil	51.18%	Brasil	55.36%	México	82.25%
Brasil	22.37%	México	21.92%	Peru	17.72%	Brasil	15.66%
Costa Rica	2.89%	Peru	12.73%	México	15,67%	Argentina	0.88%
Venezuela	1.01%	Chile	8.42%	Costa Rica	5.64%	Peru	0.64%
Chile	0.94%	Argentina	3.02%	Argentina	5.49%	El Salvador	0.34%
Colômbia	0.62%	Bolivia	2.73%	Colômbia	0.07%	Chile	0.08%
Argentina	0.41%	Costa Rica	0.01%	Chile	0.04%	Guatemala	0.07%
				Panamá	0.01%	Panamá	0.04%
						Honduras	0.03%

Tabela 2.3 Principaís destinos do Investimento IDE, por Intensidade Tecnológica, na América Latina. 2009

.

Os projetos de "alta-tecnologia" são os que têm maior potencial de transferência de tecnologia e know-how para um país, pois segundo OECD (2009), eles podem elevar positivamente as externalidades da indústria doméstica de quatro formas inter-relacionadas: links verticais com fornecedores ou consumidores, links horizontais com competidores ou indústrias complementares, migração de mão-de-obra capacitada e internacionalização da Pesquisa e Desenvolvimento.

Não há uma solução simples para a transferência de tecnologia, porque é necessário que o país esteja investindo num Sistema de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e tenha desenvolvido uma Política de Desenvolvimento de Pesquisa e Inovação, como o Brasil e México estão fazendo, dado que ambos investiram em P&D, segundo WORLD BANK (2010), cerca de US$ 1.6054 Bilhões e US$ 0.4374 Bilhões em 2009 respectivamente. Esse investimento colocou o Brasil na 23º posição do FDI and Technology Transfer's Factor e o México na 32º posição do Global Competitiveness Report 2010-2011 (WORLD ECONOMIC FORUM, 2010).

III. O investimento IDE em Pesquisa e Desenvolvimento na América Latina

Os investimentos IDE em atividades de P&D poderiam ajudar a construir capacidades de absorção de novas tecnologias e fomentar a Inovação nas economias de destino e teriam importante papel na geração de progresso econômico e no aumento da competitividade. Infelizmente, esse tipo de investimento é muito raro dentre os investimentos IDE na America Latina. Apenas 3.5% de todo os projetos IDE do período 2003 a 2009 envolviam P&D - apenas 0.8% do total de recursos.

Em 2009, segundo OECD (2009). 44 projetos IDE de Pesquisa e Desenvolvimento foram anunciados com Argentina, Brasil, Chile e México envolvidos em 87% deles. Esses projetos tiveram origem na Alemanha, Espanha, Estados Unidos e Índia. 39% desses projetos eram relacionados com Software, seguidos de automotivos, semicondutores e farmacêuticos, com 7% cada um. Apenas 5 países concentravam 90% esse tipo de projetos. Pelo seu montante, podemos dizer que esse tipo de investimento praticamente não existe na América Latina, embora alguns países da região, como o Brasil sejam exportadores de Tecnologia da Informação. Software principalmente.

IV. Porque é tão baixo o Investimento Direto Estrangeiro em Pesquisa e Desenvolvimento na América Latina?

Um recente estudo da OECD (2010), propõe uma estratégia aonde a "Inovação e Emprendedorismo são um motor para novas fontes de crescimento", sendo mais efetivas para se tirar e manter fora da recessão um país. Esta estratégia sugere que os governos devam criar e manter um ambiente favorável à

ISSN 1809-3957

inovação, estimulando a criação e o crescimento de novas empresas inovadoras. É uma estratégia coerente, mas quais seriam os fatores de atratividade para os investimentos IDE em P&D? Segundo o Global Competitiveness Report 2010-2010 (WORLD ECONOMIC FORUM, 2010) e (WAN, 2010), esse fatores seriam:

- **Tamanho e Demanda do Mercado**: por ter impacto direto na receita do investimento;
- **Aglomeração**: a presença de outras empresas de natureza comum ou complementares no país, demonstrando a qualidade da infraestrutura e facilitando a montagem de cadeias produtivas;
- **Qualidade da Mão de Obra**: em todos os níveis – médio, gerencial, cientistas e pesquisadores;
- **Pesquisa Científica**: por representar a qualidade do capital humano disponível, expressa em termos dos gastos com P&D; número de patentes e; evidentemente o nível geral da Educação;
- **Abertura**: o grau de abertura da economia, a liberdade para o fluxo de capital e o mercado de capitais;
- **Riscos Políticos**: importante fator para os investidores externos, especialmente nos países em desenvolvimento; que podem estar passando ou ter passado por recentes reformas econômicas ou políticas, normalmente fontes de instabilidade.

Esses fatores, explicam o comportamento dos investidores tanto para investimentos IDE em Manufatura, como para investimentos IDE em P&D. Segundo o World Competitiveness Report 2010-2011 (WORLD ECONOMIC FORUM, 2010), os países da América Latina tem problemas com:

- **Pilar Intituições** – o ambiente institucional que define a estrutura legal e administrativa na qual os indivíduos, empresas e o governo interagem para gerar os recursos da economia do país, como: propriedade, propriedade intelectual, liberdade do mercado, burocracia, corrupção, transparência, qualidade da governança, ética, etc.
- **Pilar Infraestrutura** – a infraestrutura geral em termos de rodovias, ferrovias, portos, aeroportos, comunicações, eletricidade, etc.
- **Pilar Prontidão Tecnológica** – que define a agilidade com que a economia adota as últimas tecnologias para melhorar a produtividade de suas indústrias.
- **Pilar Eficiência do Mercado de Trabalho**: fator crítico para avaliar com que eficiência é possível alocar os trabalhadores para que eles sejam mais eficientes em suas tarefas.
- **Pilar Tamanho do Mercado**: é o tamanho do mercado interno. Quanto maior o mercado, maior a economia de escala e suas vantagens. E, adicionalmente, quanto mais aberta for a economia, mais do mercado externo poderá ser adicionado ao mercado interno e também considerado mercado para as empresas do país.
- **Pilar Educação Superior**: incluindo-se aqui o Ensino Médio e a Educação Superior.
- **Pilar Inovação**: a capacidade de Inovação, a qualidade das instituições de pesquisa; se as empresas também investem em P&D, se existe colaboração entre Empresas e Universidades em P&D, se o Governo faz compras enfatizando o conteúdo de "*alta tecnologia*-" dos produtos, a disponibilidade de cientistas e engenheiros, o número de patentes (invenções) e os direitos de propriedade intelectual.

Para completar nossa análise, temos que considerar outro conjunto de dados, também extraídos do Global Competitiveness Report 2010/2011 (WORLD ECONOMOIC FORUM, 2010):

País	Três principais Problemas enfrentados no País (em ordem, da esquerda para a direita)		
Brasil	Legislação de Impostos	Taxas dos Impostos	Infraestrutura disponível inadequada
México	Ineficiente burocracia do Governo	Corrupção	Acesso a Financiamentos
Argentina	Instabilidade das Políticas	Inflação	Acesso a Financiamentos
Chile	Leis Trabalhistas restritivas	Ineficiente burocracia do Governo	Força de trabalho educada inadequadamente
Colombia	Corrupção	Taxas dos Impostos	Acesso a Financiamentos
Costa Rica	Ineficiente burocracia do Governo	Infraestrutura disponível inadequada	Acesso a Financiamentos
Peru	Ineficiente burocracia do Governo	Corrupção	Leis Trabalhistas restritivas

Tabela IV.1 – Fonte World Comptetitiviness Report 2010-2011

V. Conclusões finais

Considerando nossa análise, concluímos que: a) não se pode esperar investimentos IDE na área de P&D, os países precisam desenvolver seus próprios programas e um Sistema de Inovação; b) os investimentos IDE em Manufatura oferecem poucas oportunidades para programas de transferência de Inovação e o pouco que se tem feito, parece estar sendo feito apenas por México e Brasil; c) nos parece

ISSN 1809-3957

justificável que os investimentos IDE em Pesquisa e Desenvolvimento na América Latina sejam baixos devido aos baixos Fatores de Inovação e suas deficiências em Educação; d) reformas estruturais precisam ser feitas para eliminar problemas como os apresentados na Tabela IV.1.

V. Referências

Periódicos

WAN. X. 2010. FDI in the BRICs. International Journal of Business and Management. Pags 168-172. Vol. 5. No 2. February 2010.

WORLD ECONOMIC FORUM; 2010, World Economic Forum's Centre for Global Competitiveness and Performance. Schwab; Klaus. **The Global Competitiveness Report 2010-2011**

Relatórios Técnicos:

CASANOVA, L; 2004. *Multinational Strategies in Latin America: Comparing East Asian, European and North American Multinationals*. Working Papers. Euro-Asia Centre. INSEAD

MANUAL DE OSLO; 1997. Proposta de Diretrizes para Coleta e Interpretação de Dados sobre Inovação Tecnológica Departamento Estatístico da Comunidade Européia. Tradução FINEP. 2004.

OECD; Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). 2010. *Macroeconomic Overview*. Latin American Economic Outlook. www.oecd.org/dev.leo. OECD.

OECD; Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). 2009. *OEDC, Science, Technology and Industry Scoreboard 2009.* Paris, OECD

ECLAC, *Economic Commission for Latin America and the Carribean*, *Foreign Direct Investments in Latin America and Caribbean*, Unit on Investment and Corporate Strategies of ECLAC; 2009. Division of Production, Productivity and Management. ECLAC. United Nations, Chile

WORLD BANK; 2010, World Bank Data Catalogue. http://data.worldbank.org/data-catalog; http://data.worldbank.org/indicators.

VI. Biografia

Eduardo Martins Morgado é de Garça/SP. Vive em Bauru/SP, onde é Professor Assistente Doutor do Depto de Computação da FC/Unesp Bauru; coordena o LTIA – Lab de Inovação em Tecnologia de Informação Aplicada, homologado pelo CATI / Sepin/MCT. Foi consultor do MEC, PNUD, Unesco, FIA/USP, Microsoft e Intel. É graduado Engenharia pela Escola Politécnica/USP; Mestrado e Doutorado em Administração FEA/USP; especialização em Gerenciamento Estratégico de P&D pela Wharton School e Pos-Doutorado pelo INSEAD/França na área de Estratégia – Políticas Públicas de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação.

VI. Copyright

O autor é o único responsável pelo conteúdo impresso neste artigo.

AUTOMAÇÃO DE HORÁRIOS ESCOLAR UM ESTUDO UTILIZANDO UMA ABORDAGEM SOBRE ALGORITMO GENÉTICO

Marta C. Pina , Marcio M. Abud

Resumo

Este artigo apresenta uma abordagem sobre os problemas relacionados à confecção de horário escolar em uma instituição de ensino. A complexidade e o tempo gasto na elaboração de horário escolar motivaram a necessidade do desenvolvimento de um programa computacional que automatizasse o processo de desenvolvimento, obedecendo ao amplo conjunto de restrições. O presente artigo visa apresentar um estudo utilizando um algoritmo genético (AG) que é uma técnica para achar soluções aproximadas em problemas de otimização e busca, onde a população é composta de indivíduos que representam a grade horária das turmas, no qual evoluem paralelamente e a alteração de qualquer indivíduo torna-os mais, ou menos, adaptáveis a população. O processo de automatização busca, priorizar a escolha de cada docente quanto à disciplina habilitada e sua opção de horário, gerar mesmo que iterativamente, um horário para cada turma identificando o professor, disciplina habilitada e a sua sala de aula.

Palavras-chave – problema de alocação de professores, horário escolar, algoritmo genético**.**

Introdução

O presente trabalho visa apresentar um estudo utilizando um algoritmo genético que é uma técnica para achar soluções aproximadas em problemas de otimização e busca.

O procedimento para automatização consiste em relacionar os dados entre os professores, disciplina habilitada, limite de aulas e opção de horário que são prioridades para a , com referência aos dados da sobre aos cursos ofertados, disciplinas oferecidas, carga horária, número de aulas semanais, limite de aulas por período e salas de aulas disponíveis.

O processo de automatização busca reduzir o número de janelas tanto para os alunos como para os professores, priorizar a escolha de cada docente quanto à disciplina habilitada e sua opção de horário, gerar mesmo que iterativamente, um horário para cada turma, identificando o professor, disciplina habilitada e a sua sala de aula. Um estudo de caso foi criado com o intuito de solucionar o problema de geração de grades de horário de uma de ensino técnico e superior públicas. O trabalho considerou que devido a preferência de horários e de privilégios de professores, a solução automática pode não existir , sendo necessário a interação com o responsável pela atividade, e não descarta que igualmente a realização manual, a confecção de horários em geral beneficia uma minoria em detrimento a uma maioria de professores.

Revisão da Literatura

O presente estudo caracterizou-se por meio de um estudo de caso, realizando uma pesquisa exploratória, desenvolvida por meio do delineamento de levantamento das necessidades, de uma instituição de ensino técnico e superior, publica, para fins acadêmicos, e optou-se por não mencionar nome da instituição de ensino.

Segundo OLIVEIRA [6], o problema da construção dos horários escolares tem a sua definição bastante diversificada de acordo com as características de cada instituição e a concepção dos dirigentes das escolas e, obviamente, as restrições apresentadas podem ou não ser adotadas. A solução para este problema deve permitir que se possa decidir entre a inclusão ou não de determinada restrição.

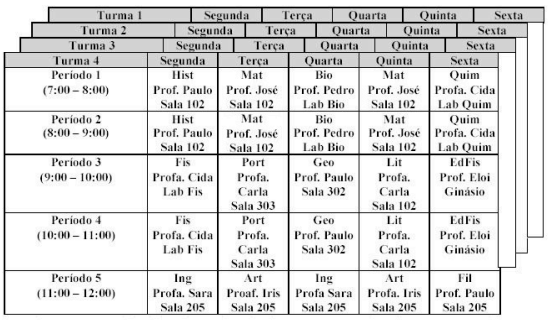
Para PAIM e GREIS [8], o problema típico de elaboração de horários (referenciado freqüentemente na literatura como elaboração, construção ou programação automatizada de um horário, grade horária ou tabela de horário escolar ou acadêmico) consiste em agendar uma seqüência de encontros (aulas, exames) entre professores e estudantes em um período de tempo prefixado (normalmente uma semana como no caso da Semana Acadêmica) satisfazendo um conjunto de restrições de vários tipos. A literatura existente sobre o assunto tem apresentado uma grande série de variantes deste problema que se diferenciam pelo tipo de instituição (escola ou universidade) e pelos tipos de restrições.

Um exemplo típico é mostrado na tabela 1 e 2. Na tabela 1 pode-se observar, por exemplo, que a disciplina “Mat” (Matemática) necessita de 4 horas-aula por semana

ISSN 1809-3957

distribuídas em dois encontros (3a.feira e 5a.feira) de dois períodos (7:00-8:00 e 8:00-9:00) cada e é ministrada pelo professor José na sala 102.

A tabela 1 representa uma tabela de horário escolar típica de uma turma com cinco dias e quatro períodos por dia. Na figura as colunas representam os horários e as linhas representam os professores, de tal forma que, um professor i em um horário j está alocado.



Turma 4	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
Período 1 (7:00 – 8:00)	Hist Prof. Paulo Sala 102	Mat Prof. José Sala 102	Bio Prof. Pedro Lab Bio	Mat Prof. José Sala 102	Quim Profa. Cida Lab Quim
Período 2 (8:00 – 9:00)	Hist Prof. Paulo Sala 102	Mat Prof. José Sala 102	Bio Prof. Pedro Lab Bio	Mat Prof. José Sala 102	Quim Profa. Cida Lab Quim
Período 3 (9:00 – 10:00)	Fis Profa. Cida Lab Fis	Port Profa. Carla Sala 303	Geo Prof. Paulo Sala 302	Lit Profa. Carla Sala 102	EdFis Prof. Eloi Ginásio
Período 4 (10:00 – 11:00)	Fis Profa. Cida Lab Fis	Port Profa. Carla Sala 303	Geo Prof. Paulo Sala 302	Lit Profa. Carla Sala 102	EdFis Prof. Eloi Ginásio
Período 5 (11:00 – 12:00)	Ing Profa. Sara Sala 205	Art Proaf. Iris Sala 205	Ing Profa Sara Sala 205	Art Profa. Iris Sala 205	Fil Prof. Paulo Sala 205

Tabela 1: Uma tabela de horário escolar típica de uma turma com cinco dias e quatro períodos por dia.
Fonte: PAIM e GREIS [8] - http://guaiba.ulbra.tche.br.

Na tabela 2 as colunas representam os horários e as linhas representam os professores, de tal forma que, um professor i em um horário j está alocado.

Disponível, fica vazio;

Indisponível, recebe o valor x;

Lecionando, recebe o valor referente à turma (0,1,2,3...n).

	Segunda					Terça					Quarta					Quinta					Sexta				
Professor	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Paulo	4	4	x	x	x	x	x						4	4		x	x	x	x	x	x	x			4
José						4	4									4	4								
Pedro	x	x	x	x	x						4	4									x	x	x	x	x
Cida			4	4							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	4	4			
Carla			x	x	x	x		4	4									4	4						
Sara					4				x	x	x	x			4										
Iris										4										4					
Eloi	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x								4	4	

Tabela 2: Mesma tabela de horário escolar onde é indicada a disponibilidade dos professores e aqueles alocados para a turma 4.Fonte: PAIM e GREIS [8] - http://guaiba.ulbra.tche.br.

O registro de disponibilidade do professor é um dos problemas em criar uma modelagem especifica para o horário, pois se ocorre uma alteração dos dados dos professores depois de concluído o horário, as restrições relativas a essas modificações devem ser reescritas dificultando o trabalho levando o maior numero de tempo gasto na conclusão. O registro de disponibilidades depende do contrato de trabalho do professor efetivo ou temporário, quantidade de horas aulas, o problema consiste portanto no momento da construção do horário escolar deve ser respeitada a carga horária máxima a ser alocada para determinado professor, de acordo com sua habilitação, será relacionado com as disciplinas da grade curricular específicas de cada curso, série que o mesmo poderá lecionar, o professor não poderá lecionar mas do uma aula em um mesmo horário, deve-se levar em consideração o menor numero possível de buracos e aulas isoladas, levando em consideração que aulas de uma mesma matéria para uma dada turma precisam ser espalhadas tão uniformemente quanto possível ao longo da semana.

Para SOUZA [11], comenta, muito apropriadamente, que na maioria os casos resolvíveis são muito especiais e não incluem as restrições mais comuns que aparecem em problemas reais. Isto justifica a abordagem do problema de programação de horários por técnicas heurísticas que, infelizmente, não garantem nem a existência de uma solução viável (supondo-se que exista) nem sua otimalidade.

Para KOTSKO [5], a grande dificuldade de em criar uma modelagem específica para a escola é uma possível alteração de dados de professores, como exemplo, a disponibilidade. Caso ocorra alguma mudança, as restrições relativas a essas modificações têm que ser rescrita dificultando o trabalho.

Procedimentos Metodológicos

O procedimento metodológico deverá para busca de uma solução que satisfaça a todas as restrições existentes, encontra-se varias alternativa. O problema de quadro de horários pode ser tratado como um problema de busca da melhor solução, no entanto, é, também, um problema de otimização, no qual se procura atender a todas as restrições necessárias e maximizar o atendimento das restrições desejáveis. Um método eficiente para atender essas necessidades utiliza algoritmos genéticos (AG).

Restrições do Problema

O número de possíveis restrições para esse problema é bastante grande. Considerando a grade horária , uma escola de ensino fundamental e médio, pode-se verificar o quão grande é esse número de restrições.

O tamanho do cromossomo será determinado pela quantidade de turmas e a quantidade de aulas que cada turma terá, o mesmo pode ser representado pela expressão (1), conforme representado na tabela 3, cada horário (ex: segunda ás 7:00 horas) é considerado um slot (lacuna).

Sendo,

hr = horários disponíveis

ds = quantidade de dias da semana

Onde,

hr = 5 horários disponíveis

ds = 5 dias da semana

ISSN 1809-3957

at = *slot* (lacunas) horários disponíveis
at = *hr* X *ds* (1)
at = 5 X 5
at = 25 *slot* (lacunas) horários disponíveis

	2ª.feira	3ª.feira	4ª.feira	5ª.feira	6ª.feira
1º horário	1	2	3	4	5
2º horário	6	7	8	9	10
3º horário	11	12	13	14	15
4º horário	16	17	18	19	20
5º horário	21	22	23	24	25

Tabela 3: Exemplo representação do cromossomo na grade horária

Uma vez que não é possível determinar o tamanho do cromossomo, já que este valor será determinado pela quantidade de turmas e quantidade de aulas que cada turma terá, escolheu-se que cada população terá 250 cromossomos, o mesmo pode ser representado pela expressão (2);

Sendo,
n = quantidade de turmas
At = *slot* (lacunas) horários disponíveis
Cr = cromossomos
Onde,
At = 25 *slot* (lacunas) horários disponíveis
n= 10 quantidade de turmas

$$Cr = at \text{ X } n \quad (2);$$

$$Cr = 25 \text{ X } 10$$

Cr = 250 cromossomos (horários a serem alocados)

Para o cálculo do número de soluções possíveis é necessário levar em conta o número de professores para cada turma. Devido a este fato, o total de possibilidades deve ser calculado separadamente para cada turma. Uma relação que mostra a turma e o respectivo número de professores adotado como exemplo é ilustrada na tabela 4:

Turma	Número de Professores
5ªA	8
5ªB	8
5ªC	8
5ªD	8
6ªA	8
6ªA	8
6ªC	8
7ªA	10
7ªB	10
8ªA	10
10 turmas	86 professores

Tabela 4 - Turmas e número de professores por turma

O número de soluções possíveis pode ser calculado através de um arranjo combinatório, representado pela expressão (3), envolvendo o número de professores e também o número de slots disponíveis.

Sendo,
Pk.n = Total de Possibilidades
n = número de professores que a turma possui.
K = número de slots disponíveis.

$$\binom{n}{k} = \frac{P_{k,n}}{k!} = \frac{n!}{k!(n-k)!}$$

Onde;

$$P_{k,n} = \frac{n!}{(n-k)!} \quad (3)$$

Exemplo:
n = 8 professores que a turma possui
K= 25 número de slots disponíveis

$$Pk.n = \frac{8!}{(8-25)!}$$

$$Pk.n = 4{,}36_10^{10}$$

Demonstraremos na tabela 5, total de possibilidades de professores por turma definidas neste estudo.

Turma	Número de Possibilidades
5ªA	4,36_1010
5ªB	4,36_1010
5ªC	4,36_1010
5ªD	4,36_1010
6ªA	4,36_1010
6ªA	4,36_1010
6ªC	4,36_1010
7ªA	1,18_1013
7ªB	1,18_1013
8ªA	1,18_1013

Tabela 5 - Total de Possibilidades para as Turmas

É importante lembrar que existem instituições que possuem muito mais professores e horários disponíveis, tornando este fator ainda maior.

A grade da estrutura curricular é composta pela carga horária de cada disciplina por semestre, é dimensionada pelo total de horas semestre por disciplina, divida pela hora relógio e a carga horária diária, determinada pela seguinte expressão (4), o número de aula por semana no semestre é dimensionado pela carga horária, divida pelo número de semanas, determinada pela seguinte expressão (5), de espalhadas uniformemente ao longo da semana.

Ch = carga horária por disciplina
Tch = Total da carga horária por semestre
hr = hora relógio duração da aula
Onde;
Ch = *Tch*
hr (4);

ISSN 1809-3957

Exemplo:

Tch = 4740 horas total da carga horária por semestre

hr = 50 minutos hora relógio duração da aula

$$Ch = \frac{4740}{50}$$

Ch = 94,80 horas

Na = número de aulas por semana

Ch = carga horária por disciplina

S = número de semanas por semestre

Onde;

$Na = \frac{Ch}{S}$ (5);

Exemplo:

Ch = 94,80 carga horária por disciplina

S = 19 semanas

$$Na = \frac{94,80}{19}$$

Na = 5 aulas por semana por semestre

Os cursos oferecidos possuem um diversificado número de carga horária semanal por disciplina, sendo elas teóricas ou práticas. O número de semestres pode variar, dependendo do número de disciplinas e do período do curso. De maneira geral essas disciplinas possuem número de aulas iguais a 1, 2, 3, 4, 5, e 6 onde cada aula possui duração de 45 a 50 minutos . No momento da inicialização deve se levar em conta que as aulas devem estar distribuídas ao longo da grade horária, divididas em subgrupos, ou seja, as disciplinas cuja carga horária é, por exemplo, 6 aulas devem ser divididas em blocos de 2 ou 3 aulas cada. As disciplinas de cargas horárias 5 aulas, em um bloco de 3 e outro de 2 aulas e as de cargas horárias 4 aulas, em dois blocos de 2 aulas. Uma vez alocados na inicialização, esses blocos permanecem sempre juntos.

Descrição do Algoritmo Genético

Segundo GOLDBERG [3], o Algoritmo Genético (AG) é um algoritmo de busca baseado nos mecanismos de seleção natural e genética natural. (Apud Góes, 2005, pg 74).

Para GÓES [1], o AG é um algoritmo que procura novos indivíduos (soluções) onde estes são gerados através de uma combinação realizada por uma função de avaliação com uma estrutura de informações alteradas aleatoriamente.

Assim o AG é uma Meta-heurística apoiada por várias heurísticas de melhoramento que procuram os melhores indivíduos, como os seres humanos, que representem melhor a condição imposta ao algoritmo.

A principal característica do AG é que trabalha com uma população e não um ponto isolado na busca de um melhor indivíduo.

Este artigo utiliza um algoritmo baseado na teoria do AG, onde a população é composta de indivíduos que representam a grade horária das turmas. Estes indivíduos evoluem paralelamente e a alteração de qualquer indivíduo torna-os mais, ou menos, adaptáveis a população.

Como o Algoritmo Genético é baseado na teoria da evolução das espécies os termos utilizados referem-se a terminologia biológica, tais como:

Cromossomo ou indivíduo: na biologia é o conjunto de genes que representam um indivíduo, conjunto de dados que representam a solução do problema. Neste artigo o cromossomo representa a grade horária semanal de uma turma;

Gene ou Variáveis: é a unidade básica do individuo. Cada indivíduo tem uma determinada quantidade de genes, que por sua vez descreve uma variável do problema, um cromossomo é composto de genes. Neste artigo os genes são os 25 horários semanais de cada turma;

Função Fitness ou Função Objetivo: talvez seja o mais importante dos elementos que compõem o espaço de busca, pois é ele que indica o quão adaptável se encontra o indivíduo para prosseguir ou não com ele para a busca da solução;

Genótipo: na biologia representa a composição genética contida no cromossomo. Neste artigo representa todos os professores que podem assumir a turma *t*, no dia *d*, no horário *h*;

Fenótipo: na biologia representa as características visíveis, como cor dos cabelos, cor da pele, representa como se apresenta a grade horária semanal da turma, ou seja, quais os horários e dias que cada professor está assumindo a turma.

Alelo: representa a informação contida em cada gene, na biologia representa, por exemplo, a cor dos cabelos, assim, o alelo por ser preto, castanho, loiro, entre outros. Neste artigo o alelo é o professor que está atendendo a turma;

População: é o conjunto formado por todos os indivíduos. Neste artigo quem compõem a população é o professor;

Geração: O numero de iterações que o algoritmo genético executa;

Operações Genéticas: Operações que o algoritmo genético realiza sobre cada um dos indivíduos;

Genoma: de um organismo é uma sequência de DNA (ADN, em português: ácido desoxirribonucleico; ou DNA, em inglês: deoxyribonucleic acid) completa de um conjunto de cromossomos.

Estrutura Básica de um Algoritmo Genético

O funcionamento de um algoritmo genético pode ser representado conforme apresentado na figura 1.

ISSN 1809-3957

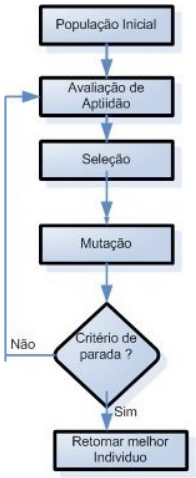


Figura 1- Estrutura básica de Algoritmo Genético

Percebe-se desta forma que, os algoritmos genéticos repetem o processo de avaliação das soluções geradas e o processo de geração de novas soluções ate alcançar o critério de parada estabelecido.

A evolução das soluções acontece mediante os processos de Seleção, Cruzamento e Mutação. E assim como na natureza, os indivíduos mais aptos tem maiores chances de permanecer em enquanto os indivíduos com aptidão baixa tendem a desaparecer.

População Inicial: representa a criação de uma população de cromossomos sob a qual serão aplicadas as ações subseqüentes.

Avaliação de Aptidão: avalia-se a aptidão das soluções (indivíduos da população) - é feita uma análise para que se estabeleça quão bem elas respondem ao problema proposto;

Seleção: indivíduos são selecionados para a reprodução. A probabilidade de uma dada solução ser selecionada é proporcional a sua aptidão; representa o primeiro indivíduo selecionado aleatoriamente para compor a grade horária;

Mutação: características dos indivíduos resultantes do processo de reprodução são alteradas, acrescentando assim variedade à população;

Critério de parada: verifica se as condições de encerramento da evolução foram atingidas, retornando para a etapa de avaliação de aptidão em caso negativo e encerrando a execução em caso positivo.

Retorna melhor indivíduo: os indivíduos criados nesta geração são inseridos na população;

Representação de um Indivíduo

O indivíduo utilizado neste artigo representa uma possível grade horária semanal para cada uma das turmas (5ªA, 5ªB, 5ªC, 5ªD, 6ªA, 6ªB, 6ªC, 7ªA, 7ªB, 8ªA). A tabela 6, apresenta um exemplo, como no problema real existem 10 turmas, tem-se 10 indivíduos na população. O indivíduo é considerado viável quando satisfaz duas restrições: para todo horário, em todos os dias, há somente um professor ministrando aula; e a carga horária semanal das disciplinas está sendo satisfeita. As demais restrições são transformadas em heurísticas de melhoramento ou penalidade, influenciando em seu fitness.

As disciplinas, neste artigo, são representadas por seus professores.

	2ª-feira	3ª-feira	4ª-feira	5ª-feira	6ª-feira
1º horário	Prof01	Prof04	Prof04	Prof07	Prof01
2º horário	Prof05	Prof01	Prof02	Prof03	Prof03
3º horário	Prof02	Prof02	Prof03	Prof01	Prof06
4º horário	Prof02	Prof08	Prof06	Prof08	Prof05
5º horário	Prof04	Prof01	Prof07	Prof06	Prof02

Tabela 6. Representação do Indivíduo para a 5ª.B, por exemplo

Criação do primeiro cromossomo

Optou-se não criar o primeiro cromossomo aleatoriamente. O primeiro cromossomo deve obedecer aos requisitos mínimos de uma boa solução, visando assim inibir a presença de cromossomos inadequados nas populações criadas.

O primeiro cromossomo é criado da seguinte maneira:

Atribuem-se, primeiramente, as aulas com horários definidos. Estas aulas não poderão ter seu horário alterado durante a geração;

As aulas que não possuem horário definido são selecionadas em blocos.

Os blocos são constituídos pela seqüência de aulas da mesma disciplina e turma e professor. Estes blocos devem também obedecer ao parâmetro que indica o tamanho máximo permitido. Para disciplinas cuja quantidade de aula semanal e superior ao tamanho do bloco, as mesmas terão suas aulas separadas em dois ou mais blocos diferentes;

Para posicionar o bloco de aulas, verificam-se os horários que o professor tem disponibilidade e que a turma em questão não possui aulas, se a disponibilidade de ambos abrange a quantidade de aulas existentes no bloco as aulas são posicionadas, caso contrario é selecionado outro bloco que passa pelo mesmo processo de validação;

Os blocos que não conseguiram ser alocados, através do processo descrito, são quebrados e suas aulas são atribuídas nos horários remanescentes para qual o professor e turma possuem disponibilidade;

Em caso de aulas cujo respectivo professor não possui disponibilidade para nenhum dos horários vagos da turma, o sistema as atribui aleatoriamente. Deve ser ressaltado que para a atribuição dos horários de aulas o sistema segue a ordem de prioridade de professores pré-estabelecida, desta forma, pode ocorrer quebra da disponibilidade, principalmente, com professores que possuem prioridade menor.

Avaliação

O sistema realiza as seguintes validações para determinar a aptidão do cromossomo:

- ✓ Se os professores possuem disponibilidade para o horário;

ISSN 1809-3957

- ✓ Se a quantidade de aulas diárias do professor esta adequada;
- ✓ Se o professor não esta alocado em mais de uma aula ao mesmo tempo;
- ✓ Se as turmas estão disponíveis para as aulas;
- ✓ Se o cadastro de disciplinas com horários definidos foi respeitado;
- ✓ Tenta-se ter o menor número possível de quebras na seqüência de aulas de uma disciplina;

Os valores usados como pontuação de cada validação podem ser estipulado através de testes e análise dos resultados obtidos.

Operadores Genéticos

Os operadores genéticos mais freqüentemente utilizados são: inversão, mutação e crossover:

Neste artigo abordaremos somente a mutação como operador genético para a busca de indivíduo(s) mais adaptável à população, devido à complexidade de encontrar filhos viáveis ao aplicar o operador crossover. Além disto, através da mutação pode-se recuperar material genético perdido durante o processo de evolução da população.

Não há preocupação de uma busca aleatória na evolução da população, uma vez que as mutações a serem realizadas são definidas por heurísticas que tratam de erros presentes na população atual.

Mutação pode ser definida como uma mudança na seqüência de pares de base de um gene, mas, as vezes, o termo e usado de maneira mais ampla, de modo a incluir mudanças no numero e estrutura dos cromossomos."

Este processo altera aleatoriamente o valor ou as posições dos genes no cromossomo por outro valor possível para este gene. Este operador aumenta a diversidade das soluções, tendo como objetivo prevenir que a geração de indivíduos estagne.

Este método previne que as soluções do problema não sejam apenas combinações realizadas a partir da população inicial, pois a recombinação de genes não e tão evolutiva quanto a mutação.

A mutação usada faz a alteração da posição das aulas aleatoriamente. Porem não considera o cromossomo inteiro para realizar a mutação. No modelo desenvolvido o cromossomo e um conjunto de sub-cromossomos, onde cada sub-cromossomo e a grade de horário de uma turma. Sendo assim a mutação deve acontecer sempre dentro do mesmo sub-cromossomo, para que aulas de turmas diferentes não sejam misturadas.

Para realizar a troca, algumas validações são realizadas, tentando, desta forma, garantir que a mutação não irá fazer alterações que possam prejudicar a aptidão do cromossomo.

A mutação ocorre da seguinte maneira:

Seleciona-se aleatoriamente um bloco de aulas;

Verifica se os blocos selecionados não possuem horário pré-definido, pois se possuir não poderá ser alterado;

Verifica todos os outros blocos que existem na grade de horário que tenham o mesmo tamanho e que não possuem horário pré-definido. A troca só ira acontecer se os professores tiverem disponibilidade para os novos horários.

A tabela 7, exemplifica a mutação realizada na aplicação deste artigo onde o horário das professoras Prof12 e Prof08 é trocado.

Prof06	Prof15	Prof12	Prof17	Prof12
Prof12	Prof15	Prof14	Prof03	Prof06
Prof06	Prof03	Prof03	Prof12	Prof03
Prof08	Prof12	Prof03	Prof17	Prof08
Prof14	Prof12	Prof14	Prof06	Prof08

⇨

Prof06	Prof15	Prof12	Prof17	Prof12
Prof12	Prof15	Prof14	Prof03	Prof06
Prof06	Prof03	Prof03	Prof12	Prof03
Prof08	Prof12	Prof03	Prof17	Prof08
Prof14	Prof08	Prof14	Prof06	Prof12

Tabela 7 - Operador de Mutação aplicado a Grade Horária

População Inicial

Para gerar uma população inicial viável, tomou-se a melhor população dentre as cinco geradas conforme a seguinte heurística:

1. Pegue o 1º professor com prioridade máxima da lista de professores;
2. Seguindo a ordem das turmas cadastradas, verifique se o professor atende a turma. Se atender, designa-se o máximo de aulas no dia, conforme a ordem de preferência de dia de trabalho e a preferência de aulas geminadas nos horário que ainda estão livres;
3. Aplique o passo 2 a todas as turmas do professor evitando choque de horários;
4. Após a designação realizada nos passos 2 e 3, se o professor ainda tiver que atender alguma turma, mas não tem mais horários livres coincidentes com os horários livres das turmas, faça a designação a um horário em que a turma esteja livre mesmo gerando um choque de horário para o professor, ou seja, o professor atenderá duas turmas ao mesmo tempo;
5. Retire o professor da lista;
6. Aplique os passos de 1 a 5 até o último professor.

Apesar da heurística gerar indivíduos viáveis, estes não estão totalmente adaptáveis à população, pois alguns professores podem ter choque de horários; ou estão trabalhando em algum dia que não preferem; ou trabalham mais dias que o necessário; ou estão com mais aulas que o número máximo permitido por dia em uma turma.

Cálculo do Fitness

Gerada a população inicial ou uma nova população, é necessário avaliá-la. Assim é realizado o cálculo do fitness, ou seja, verifica-se o quanto um indivíduo está adaptável ao ambiente.

Grau de adaptação: representa o quão bem a resposta representada por indivíduo soluciona o problema proposto. É calculado por uma função chamada objetivo (normalmente denotada *f0 (x)*.

ISSN 1809-3957

Grau de aptidão: diz respeito ao nível de adaptação de um indivíduo em relação á população a qual ele pertence. Isto é, se temos que o grau de adaptação de um indivíduo x é dado por *f0(x)*, então seu grau de aptidão será, conforme expressão (6)

$$fA(x) = \frac{f0(x)}{\sum_{i=1}^{n} f0(i)} \quad (6)$$

sendo *n* o tamanho da população.

Este artigo utiliza as seguintes restrições para o cálculo de fitness por indivíduo (turma):

- ✓ Preferência de dias de trabalho do professor;
- ✓ Quantidade de dias de trabalho do professor;
- ✓ Se há apenas uma turma por professor em qualquer horário;

Preferência (ou não) por aulas geminadas.

A primeira restrição define o fitness inicial da população e as demais são restrições de penalidades.

1. O início do cálculo do fitness é constituído pela restrição de preferência de dias de trabalho do professor e é determinado conforme o procedimento apresentado a seguir:

- ✓ Para cada professor com carga horária menor que 16h/semana em sala;
- ✓ Para cada professor com carga horária maior que 16h/semana em sala;
- ✓ Para cada professor com carga horária igual a 16h/semana em sala;

Para cada professor com prioridade tem peso igual a 5;

O fitness da turma é o somatório dos pesos de cada horário definido no procedimento heurístico anterior, aplicando a seguinte fórmula baseada em Bruna, (Abud Costa e Pozo ,2004, pg 7), conforme expressão (7).

$$Fitness\ 1 = \frac{\text{somatório x 100}}{25 \text{ X } 5} \quad (7)$$

onde, o valor 25 refere-se ao total de horários semanais da turma e o valor 5 é o peso máximo pela preferência do professor.

2. O cálculo do *fitness* conforme a quantidade de dias de trabalho do professor é determinado pelo procedimento apresentado a seguir:

Para cada professor

Verifica o total de dias que está trabalhando. Se estiver trabalhando mais dias que o necessário é aplicado uma penalidade, conforme expressão (8).

$$Fitness2 = \frac{Fitness1 \text{ X } (1- \text{ total dias de trabalho - trabalho de dias necessários})}{5} \quad (8)$$

O valor 5 na fórmula refere-se ao total de dias na semana que as turmas possuem aulas.

3. O cálculo do *fitness* dependendo se há apenas uma turma por professor em qualquer horário é determinado conforme o procedimento apresentado a seguir:

Para cada professor

Verifica-se se há algum horário em que o professor está designado para mais de uma turma. Cada ocorrência é considerada um erro em cada turma, conforme expressão (9).

$$Fitness3 = \frac{\text{Fitness2 X (1- erros)}}{25} \quad (9)$$

O valor 25 refere-se ao total de horários semanais da turma.

4. Já o cálculo do fitness de acordo com a "preferência (ou não) por aulas geminadas" é determinado conforme o procedimento apresentado a seguir:

Para cada professor

Para cada dia em que possui mais de uma aula na mesma turma.

Verifica a preferência do professor. Cada ocorrência contrária a sua preferência é considerada um erro, conforme expressão (10).

$$Fitness4 = \frac{\text{Fitness3 X (1- erros)}}{25} \quad (10)$$

O valor obtido no fitness4 mostra o quão adaptável está o indivíduo a população.

Aplicação do Operador Genético

Como já comentado, o operador genético aplicado neste artigo é apenas o da mutação com o propósito de trabalhar os seguintes erros (restrições):

- ✓ O número de aulas, por professor, não pode ser maior que o permitido por dia em uma turma;
- ✓ O professor não pode ter mais dias de trabalho do que o necessário;
- ✓ O professor não pode atender mais que uma turma em qualquer horário;
- ✓ O professor não pode ter aula no dia de hora-atividade.

Para cada uma destas restrições são utilizadas heurísticas de melhoramento. Para comandar todas estas heurísticas criou-se uma heurística, que verifica quais são os erros existentes e, por este motivo, tal heurística é chamada de Verificação.

Desenvolvimento do Protótipo

O protótipo desenvolvido foi baseado em um estudo de caso de uma instituição de ensinos técnico e superior públicos. Para fins acadêmicos, optou-se por não mencionar o nome da Instituição de ensino.

Desta forma, considerou-se que:

- ✓ A instituição de ensino oferece horários de aulas, de acordo com o período em que a turma estuda;
- ✓ Cada turma de alunos cursará disciplinas, conforme seu curso;

ISSN 1809-3957

- ✓ Cada disciplina tem um determinado número de aulas semanais;
- ✓ Para cada disciplina que a turma terá, deve existir um professor;
- ✓ Cada aula terá uma disciplina, uma turma e um professor;
- ✓ O professor deve informar sua disponibilidade para os horários de aulas que a instituição oferece;
- ✓ As aulas devem ser atribuídas nos horários em que os professores informaram ter disponibilidades, devendo priorizar os horários com disponibilidade na sua totalidade, atribui-se um valor de peso de prioridade de 0 a 5;
- ✓ O coordenador pode informar aulas que possuem horários predefinidos para acontecer;
- ✓ Uma turma não pode assistir mais de uma aula ao mesmo tempo;
- ✓ Um professor não pode lecionar mais de uma aula no mesmo horário;

A quantidade de aulas lecionadas por um professor diariamente e semanalmente devem obedecer as cargas estipuladas pelo regime de trabalho do mesmo.

O processo de automatização do horário escolar foi definido de acordo com as etapas principais a seguir:

O Horário será gerado a partir da definição dos dados de entrada relativos a professores, alunos e salas disponíveis;

Para determinação dos dados referentes aos professores, serão identificadas as disciplinas e horários e salas que o professor irá lecionar e seus respectivos alunos;

Para determinação dos dados referentes aos alunos serão identificadas as turmas que irão compor a sala de aula;

Para determinação dos dados referentes às salas, serão estas identificadas e alocadas com os seus respectivos professores e alunos

A seguir são descritas as principais características do protótipo

Cadastro

Usuário: essa funcionalidade permitirá que o usuário inicie o sistema informando seu login de acesso, que está correlacionado a uma permissão já previamente cadastrada pelo Administrador.

Instituição: essa funcionalidade permitirá que a instituição de ensino seja cadastrada

Turnos: essa funcionalidade permitirá que os turnos sejam cadastrados conforme os períodos oferecidos pela instituição.

Horário de aulas: essa funcionalidade permitirá que os horários de aulas sejam cadastrados conforme inicio e fim de cada aula oferecido pela instituição.

Dias aulas: essa funcionalidade permitirá que os dias de aulas sejam cadastrados conforme dias da semana oferecidos pela Instituição.

Feriados: essa funcionalidade permitirá cadastrar Feriados Nacionais, Estaduais, datas comemorativas que sejam consideradas feriados disponibilizados pelo calendário Institucional.

Datas não Letiva: essa funcionalidade cadastra datas comemorativas que sejam consideradas recesso escolar ou ponto facultativo, disponibilizados pelo calendário Institucional.

Período Letivo: essa funcionalidade permitirá cadastrar a data inicial e data final que cada período considerado letivo disponibilizado pelo calendário Institucional.

Cursos: essa funcionalidade permitirá que os cursos sejam cadastrados conforme oferecidos pela instituição

Disciplinas: essa funcionalidade permitirá que sejam cadastradas as disciplinas.

Cursos X Disciplinas: essa funcionalidade permitirá cadastrar as disciplinas que compõem o curso.

Grade curricular: essa funcionalidade permitirá cadastrar as disciplinas com as suas respectivas cargas horárias, ano e semestre que compõem a grade curricular.

Turmas: essa funcionalidade permitirá cadastrar o curso, o ano da grade, o semestre e o turno que irá compor a turma.

Turmas X Período Letivo: essa funcionalidade permitirá cadastrar a turma e o respectivo período letivo.

Alunos: essa funcionalidade permitirá que os alunos sejam cadastrados.

Turmas X Alunos: essa funcionalidade permitirá que sejam cadastrados os alunos nas suas respectivas turmas.

Professores: essa funcionalidade permitirá que os professores sejam cadastrados com suas opções de disciplinas e disponibilidade de horário.

Salas: essa funcionalidade permitirá que as salas sejam cadastradas conforme a infra-estrutura da Instituição.

Operações

Configuração: através desta funcionalidade efetua-se a configuração referente aos usuários que terão acesso ao sistema de grade horária.

Grade horária: através desta funcionalidade seleciona-se o período letivo e turno, e o sistema irá validar os dados cadastrados verificando o cadastro da Instituição de ensino, turno, horários de aula, dias de aulas, períodos letivos, cursos, disciplinas, cursos X disciplinas, grades curricular, turmas, turmas X períodos letivos, alunos, turmas X alunos, professores, professores com disponibilidades, professores X disciplinas e salas. O sistema irá gerar a grade horária com base nas informações cadastradas de acordo com a grade curricular que compõem o curso com sua respectiva carga horária distribuída uniformemente durante os dias da semana, com os seus respectivos professores e disciplinas, alocados em suas salas de aulas.

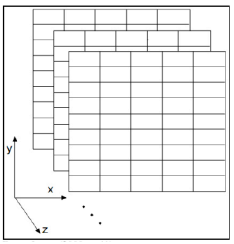
Processo para gerar a grade horária do protótipo

ISSN 1809-3957

Desenvolvido

Em primeiro lugar para gerar a grade horária, é realizado a inicialização da população; então é feito um laço de repetição, a seguir é feita a avaliação dos indivíduos. Na seqüência é feita a seleção e o próximo passo é a mutação, para verificar a condição de parada, caso não seja satisfeita a execução volta para a avaliação dos indivíduos; caso seja satisfeita o algoritmo termina sua execução, a seguir descrição detalhada para geração do AG.

Para gerar a grade horária, a representação de cada slots, é identificado no algoritmo genético como o gene que representa os 25 horários semanais de cada turma como por exemplo uma disciplina (Hist.) , no dia da semana (Segunda) e horário (7:00-8:00) em um determinado semestre. Um genoma seria uma matriz de duas ou três, dimensões, sendo uma dimensão destinada a representar os dias da semana, horários da semana, e outra representando o semestre. Na qual apresenta a característica de não permitir, que duas disciplinas do mesmo semestre ocupem um mesmo horário. Porem, não garante que não haverá colisões de professor. A figura 2 mostra a representação do funcionamento do preenchimento da grade horária

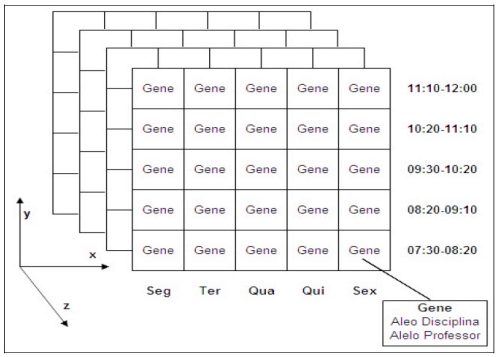


Fonte: Lucas (2000, p.41).Figura 2 - Representação do funcionamento do preenchimento da grade horária

A Figura representa uma grade horária onde x designa o dia, y um determinado horário e z o semestre ao qual pertence a grade horária.

No que diz respeito a representação de horas-aula, o genoma representa uma união de todas as horas-aula de todas as disciplinas. Para simplificar a implementação, as horas-aula da mesma disciplina são alocadas em blocos, que por sua vez, são alocados ordenadamente conforme o semestre ao qual pertencem. Apesar dessa representação permitir todos os tipos de colisão em sua codificação, essa forma de representação possui a vantagem considerável de sempre ter como solução horários que respeitam a carga horária de todas as disciplinas. A possível solução apresenta do ponto de vista estrutural, é mais simples do que a grade de slots, porém é necessário maior atenção para garantir que não haja nenhuma colisão de horários.

Uma das grandes dificuldades encontradas na implementação de AGs é a representação do problema. É importante modelar a solução do problema que seja possível representar todas as soluções na sua resolução, prezando pela simplicidade da estrutura de dados escolhida. Dessa forma, facilita-se o processo de manipulação dos cromossomos durante a execução do AG. A figura 3 representa o modelo de cromossomo adotado.



Fonte: adaptado Lucas [4].
Figura 3 - Representação escolhida

Na figura 7, é representada a estrutura do cromossomo adotado: o eixo z representa os semestres, o eixo x representa os dias da semana e o eixo y os horários das aulas. Cada posição na matriz possui um gene, que por sua vez possui dois alelos, um para indicar qual é a disciplina e outro para indicar qual é o professor alocado. A qual se resume a uma matriz de três dimensões contendo genes. Através dessas três matrizes é possível representar todas as soluções que envolvem o problema de alocação de horários relevantes no presente artigo. Nesse contexto, o esquema de mátria de três dimensões garante que não haja colisão de horário para um mesmo professor, em um determinado semestre. Porém, não é possível garantir que não haja colisões de horário para um professor em semestres diferentes.

O algoritmo começa com a inicialização da população, o que se resume a criação de uma população de cromossomos sob a qual serão aplicadas as ações subseqüentes. Fazem uso de funções aleatórias para gerar os indivíduos, quanto maior for a biodiversidade da população, maiores serão as chances de se chegar a uma solução aceitável, com isso o espaço de busca explorado será maior, criando-se uma população inicial com mais membros, porem pode ocasionar uma queda significativa no desempenho do algoritmo.

O passo seguinte é a avaliação da população e permite ao algoritmo determinar sua proximidade em relação a solução do problema, é criada uma função de avaliação ou objetivo, a qual irá avaliar cada um dos cromossomos da população. A função é aplicada aos cromossomos para se chegar a um valor que represente o grau de adaptabilidade de indivíduos.

O passo seguinte consiste na escolha dos cromossomos para fazer um posterior cruzamento ou mutação, para isso são utilizados graus de adaptação, os membros selecionados

ISSN 1809-3957

serão utilizados para um posterior cruzamento com o objetivo de gerar novos membros para a população, os indivíduos da população são ordenados conforme seu grau de adaptação por seleção por ranking e então, sua probabilidade é atribuída conforme a posição que ocupam, não foi utilizado o operador genético de cruzamento no modelo desenvolvido. Porque ao se mesclar duas grades de horário poderia acarretar inconsistência nos dados, causando duplicações ou perdas de aulas. Desta forma selecionam-se apenas os seis cromossomos com maiores aptidão e estes sejam usados como base para uma nova população, que por sua vez e gerada através da mutação dos cromossomos selecionados.

A fase seguinte consiste na avaliação dos membros resultantes. Nesta fase é feita novamente uma avaliação, mas agora nos indivíduos resultantes das mutações, após a avaliação esses indivíduos são inseridos na população.

Finalmente é verificada a condição de parada , ou seja , é verificado se o algoritmo chegou a uma solução aceitável, caso contrário , o algoritmo voltará para o passo aonde é feita a seleção até que se chegue a solução aceitável. A figura 4, representa o fluxo executado para a geração de grades horárias.

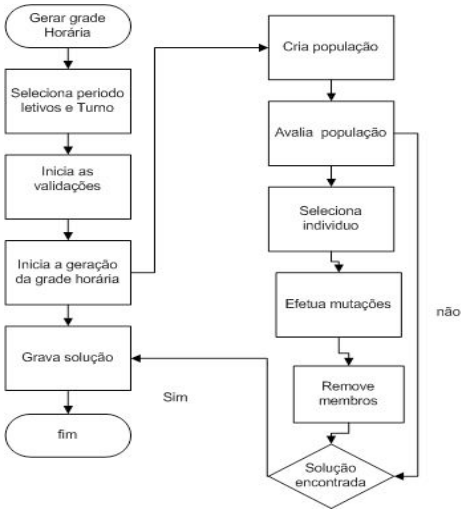


Figura 4 - fluxo executado para a geração de grades horárias

Descrição do Estudo de Caso, teste e resultados

Este capítulo tem como objetivo mostrar os resultados experimentais do estudo de caso proposto em uma Instituição, utilizando o ambiente de Construção de Tabela de Horário Escolar na Web.

Nos testes realizados foram verificados os seguintes itens:

O desempenho dos componentes do ambiente quanto ao perfeito funcionamento e a viabilidade da utilização do modelo de programação por meio de algoritmo genético para a resolução do problema gerado de acordo com a realidade da escola.

Para a realização do teste do ambiente foi utilizada uma típica escola de ensino técnico e superior pública. Os dados utilizados para a simulação foram os seguintes:

- ✓ 6 (seis) turmas cadastradas do turno da noite;
- ✓ 1 (um) curso cadastrado - Análise e desenvolvimento de Sistemas (ADS);
- ✓ 1 (uma) grade curricular de cada módulo com o respectivo ano (2010) com a respectiva cargas horária para cada curso;;
- ✓ 6 (seis) turmas cadastradas que corresponde ao módulo(01) identificados a seguir;
- ✓ 1º módulo (01),
- ✓ 2º módulo (02),
- ✓ 3º módulo (03),
- ✓ 4º módulo (04),
- ✓ 5º módulo (05),
- ✓ 6º módulo (06),
- ✓ 1(um) turno cadastrado Noite (N)

Formando as seguintes turmas, cargas horárias por semestre e total de aulas por semana;

- ✓ ADS201001NA - 316 horas – 20 aulas por semana
- ✓ ADS201002NA - 316 horas – 20 aulas por semana
- ✓ ADS201003NA - 316 horas - 20 aulas por semana
- ✓ ADS201004NA - 316 horas - 20 aulas por semana
- ✓ ADS201005NA - 316 horas - 20 aulas por semana
- ✓ ADS201006NA - 316 horas - 20 aulas por semana
- ✓ Carga horária total acumulada por curso 1896 horas
- ✓ 30 (trinta) Disciplinas cadastradas para este curso
- ✓ 19 (dezenove) professores habilitados a ministrar as disciplinas desta turma;
- ✓ 50 (cinqüenta) minutos de cada aula para cada disciplina do curso
- ✓ 4 (quatro) aulas por dia;
- ✓ 4 (1ª a 4ª) seqüências de aulas;
- ✓ 4(quatro) horários de aulas disponíveis por dia;
- ✓ 5(cinco) dias de aulas disponíveis para cada turma, de segunda a sexta-feira;
- ✓ 6(seis) salas de aulas cadastrada;
- ✓ 1(um) períodos letivos para o semestre para cada turma;
- ✓ 1(um) curso cadastrado para todas as turma;
- ✓ 6(seis) turmas cadastrada para este curso;
- ✓ 20(vinte) vinte ou mais alunos cadastrado para cada turma;

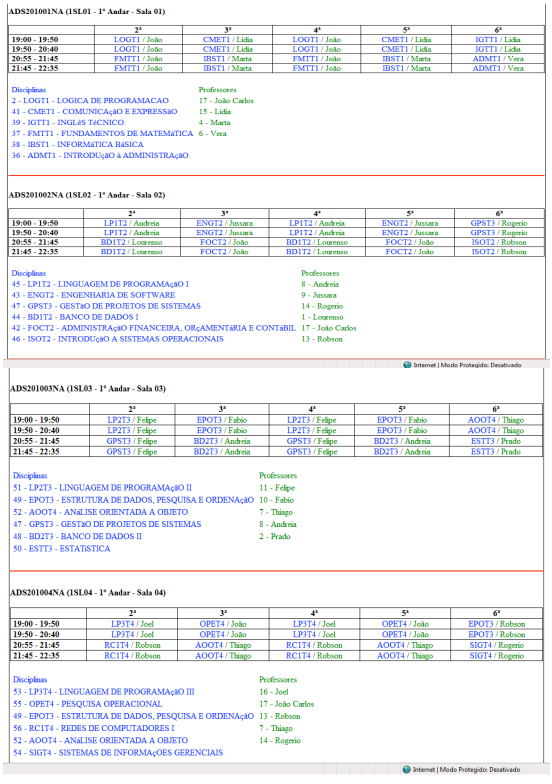
Para a geração da grade horária esses dados foram cadastrados pelo responsável pela confecção da grade horária. O protótipo foi construído e testado em um ambiente a partir de um servidor Web, pela comodidade em acesso ao código fonte e entradas de dados não precisando ter um equipamento localmente com o software instalado,

ISSN 1809-3957

possibilitando a execução no ambiente, com todas as opções, abrangendo a configuração, geração e resolução do modelo. Destaca-se também a arquitetura de um ambiente de otimização na internet, oferece uma flexibilidade muito grande na correção de falhas em componentes específicos do ambiente, sendo que cada problema é detectado mais facilmente e tratado de forma isolada.

O indivíduo utilizado neste artigo representa uma possível grade horária semanal para cada uma das turmas conforme tabela 18. Como no problema real existem 6 turmas, tem-se 6 indivíduos na população. O indivíduo é considerado viável quando satisfaz duas restrições: para todo horário, em todos os dias, há somente um professor ministrando aula; e a carga horária semanal das disciplinas está sendo satisfeita

A partir dos dados configurados e armazenados no banco de dados, o protótipo valida as informações, no que se refere a todos os cadastros do protótipo e gera a grade horária, apresentado na tabela 18 - Resultado da Grade Horária - representação do Indivíduo para a 1º NA, gerada pelo protótipo desenvolvido.



ADS201001NA (ISL01 - 1º Andar - Sala 01)

	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
19:00 - 19:50	LOGT1 / João	CMET1 / Lidia	LOGT1 / João	CMET1 / Lidia	IGTT1 / Lidia
19:50 - 20:40	LOGT1 / João	CMET1 / Lidia	LOGT1 / João	CMET1 / Lidia	IGTT1 / Lidia
20:55 - 21:45	FMTT1 / João	IBST1 / Marta	FMTT1 / João	IBST1 / Marta	ADMT1 / Vera
21:45 - 22:35	FMTT1 / João	IBST1 / Marta	FMTT1 / João	IBST1 / Marta	ADMT1 / Vera

Disciplinas	Professores
2 - LOGT1 - LOGICA DE PROGRAMACAO	17 - João Carlos
41 - CMET1 - COMUNICAçãO E EXPRESSãO	15 - Lidia
39 - IGTT1 - INGLêS TéCNICO	4 - Marta
37 - FMTT1 - FUNDAMENTOS DE MATEMáTICA	6 - Vera
38 - IBST1 - INFORMáTICA BáSICA	
36 - ADMT1 - INTRODUçãO à ADMINISTRAçãO	

ADS201002NA (ISL02 - 1º Andar - Sala 02)

	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
19:00 - 19:50	LP1T2 / Andreia	ENGT2 / Jussara	LP1T2 / Andreia	ENGT2 / Jussara	GPST3 / Rogerio
19:50 - 20:40	LP1T2 / Andreia	ENGT2 / Jussara	LP1T2 / Andreia	ENGT2 / Jussara	GPST3 / Rogerio
20:55 - 21:45	BD1T2 / Loureno	FOCT2 / João	BD1T2 / Loureno	FOCT2 / João	ISOT2 / Robson
21:45 - 22:35	BD1T2 / Loureno	FOCT2 / João	BD1T2 / Loureno	FOCT2 / João	ISOT2 / Robson

Disciplinas	Professores
45 - LP1T2 - LINGUAGEM DE PROGRAMAçãO I	8 - Andreia
43 - ENGT2 - ENGENHARIA DE SOFTWARE	9 - Jussara
47 - GPST3 - GESTãO DE PROJETOS DE SISTEMAS	14 - Rogerio
44 - BD1T2 - BANCO DE DADOS I	1 - Loureno
42 - FOCT2 - ADMINISTRAçãO FINANCEIRA, ORçAMENTáRIA E CONTáBIL	17 - João Carlos
46 - ISOT2 - INTRODUçãO A SISTEMAS OPERACIONAIS	13 - Robson

Internet | Modo Protegido: Desativado

ADS201003NA (ISL03 - 1º Andar - Sala 03)

	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
19:00 - 19:50	LP2T3 / Felipe	EPOT3 / Fabio	LP2T3 / Felipe	EPOT3 / Fabio	AOOT4 / Thiago
19:50 - 20:40	LP2T3 / Felipe	EPOT3 / Fabio	LP2T3 / Felipe	EPOT3 / Fabio	AOOT4 / Thiago
20:55 - 21:45	GPST3 / Felipe	BD2T3 / Andreia	GPST3 / Felipe	BD2T3 / Andreia	ESTT3 / Prado
21:45 - 22:35	GPST3 / Felipe	BD2T3 / Andreia	GPST3 / Felipe	BD2T3 / Andreia	ESTT3 / Prado

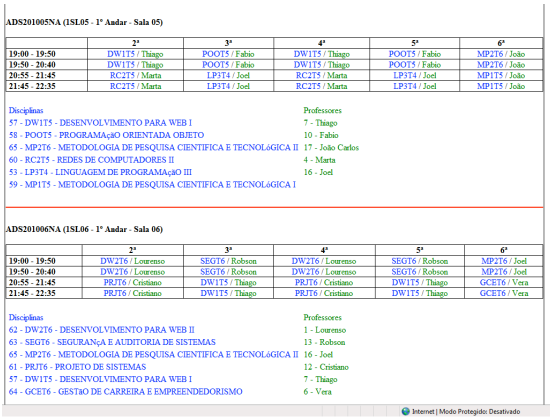
Disciplinas	Professores
51 - LP2T3 - LINGUAGEM DE PROGRAMAçãO II	11 - Felipe
49 - EPOT3 - ESTRUTURA DE DADOS, PESQUISA E ORDENAçãO	10 - Fabio
52 - AOOT4 - ANáLISE ORIENTADA A OBJETO	7 - Thiago
47 - GPST3 - GESTãO DE PROJETOS DE SISTEMAS	8 - Andreia
48 - BD2T3 - BANCO DE DADOS II	2 - Prado
50 - ESTT3 - ESTATISTICA	

ADS201004NA (ISL04 - 1º Andar - Sala 04)

	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
19:00 - 19:50	LP3T4 / Joel	OPET4 / João	LP3T4 / Joel	OPET4 / João	EPOT3 / Robson
19:50 - 20:40	LP3T4 / Joel	OPET4 / João	LP3T4 / Joel	OPET4 / João	EPOT3 / Robson
20:55 - 21:45	RC1T4 / Robson	AOOT4 / Thiago	RC1T4 / Robson	AOOT4 / Thiago	SIGT4 / Rogerio
21:45 - 22:35	RC1T4 / Robson	AOOT4 / Thiago	RC1T4 / Robson	AOOT4 / Thiago	SIGT4 / Rogerio

Disciplinas	Professores
53 - LP3T4 - LINGUAGEM DE PROGRAMAçãO III	16 - Joel
55 - OPET4 - PESQUISA OPERACIONAL	17 - João Carlos
49 - EPOT3 - ESTRUTURA DE DADOS, PESQUISA E ORDENAçãO	13 - Robson
56 - RC1T4 - REDES DE COMPUTADORES I	7 - Thiago
52 - AOOT4 - ANáLISE ORIENTADA A OBJETO	14 - Rogerio
54 - SIGT4 - SISTEMAS DE INFORMAçOES GERENCIAIS	

Internet | Modo Protegido: Desativado



ADS201005NA (ISL05 - 1º Andar - Sala 05)

	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
19:00 - 19:50	DW1T5 / Thiago	POOT5 / Fabio	DW1T5 / Thiago	POOT5 / Fabio	MP2T6 / João
19:50 - 20:40	DW1T5 / Thiago	POOT5 / Fabio	DW1T5 / Thiago	POOT5 / Fabio	MP2T6 / João
20:55 - 21:45	RC2T5 / Marta	LP3T4 / Joel	RC2T5 / Marta	LP3T4 / Joel	MP1T5 / João
21:45 - 22:35	RC2T5 / Marta	LP3T4 / Joel	RC2T5 / Marta	LP3T4 / Joel	MP1T5 / João

Disciplinas	Professores
57 - DW1T5 - DESENVOLVIMENTO PARA WEB I	7 - Thiago
58 - POOT5 - PROGRAMAçãO ORIENTADA OBJETO	10 - Fabio
65 - MP2T6 - METODOLOGIA DE PESQUISA CIENTIFICA E TECNOLóGICA II	17 - João Carlos
60 - RC2T5 - REDES DE COMPUTADORES II	4 - Marta
53 - LP3T4 - LINGUAGEM DE PROGRAMAçãO III	16 - Joel
59 - MP1T5 - METODOLOGIA DE PESQUISA CIENTIFICA E TECNOLóGICA I	

ADS201006NA (ISL06 - 1º Andar - Sala 06)

	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
19:00 - 19:50	DW2T6 / Loureno	SEGT6 / Robson	DW2T6 / Loureno	SEGT6 / Robson	MP2T6 / Joel
19:50 - 20:40	DW2T6 / Loureno	SEGT6 / Robson	DW2T6 / Loureno	SEGT6 / Robson	MP2T6 / Joel
20:55 - 21:45	PRJT6 / Cristiano	DW1T5 / Thiago	PRJT6 / Cristiano	DW1T5 / Thiago	GCET6 / Vera
21:45 - 22:35	PRJT6 / Cristiano	DW1T5 / Thiago	PRJT6 / Cristiano	DW1T5 / Thiago	GCET6 / Vera

Disciplinas	Professores
62 - DW2T6 - DESENVOLVIMENTO PARA WEB II	1 - Loureno
63 - SEGT6 - SEGURANçA E AUDITORIA DE SISTEMAS	13 - Robson
65 - MP2T6 - METODOLOGIA DE PESQUISA CIENTIFICA E TECNOLóGICA II	16 - Joel
61 - PRJT6 - PROJETO DE SISTEMAS	12 - Cristiano
57 - DW1T5 - DESENVOLVIMENTO PARA WEB I	7 - Thiago
64 - GCET6 - GESTãO DE CARREIRA E EMPREENDEDORISMO	6 - Vera

Internet | Modo Protegido: Desativado

Tabela 8 - Resultado do Grade Horária, representação do individuo para o 1º NA

O modelo gerado apresentou as seguintes características:

A geração do modelo ocorreu em tempo real;

A grade gerada apresenta a identificação do Curso X Ano da grade curricular X semestre letivo X turno X turma, identificação da sala, identificação da seqüência de aula X horário de aula, identificação do dia da semana, identificação da disciplina X professor alocado.

No momento da distribuição de horários gerados para cada turma, e as disponibilidades dos professores são atualizadas para que os mesmos possam ser utilizados nos demais horários não alocados na grade horária.

Caso haja empate entre vários professores para o mesmo horário de aula o protótipo verifica o campo prioridade no cadastro de professores, que corresponde ao nível de prioridade de 0 a 5, obedecendo a seguinte regra o menor valor de menor prioridade 0 e o maior valor até 5, caso ocorra novamente o empate verificasse a data de admissão, caso haja professores com a mesma data de admissão o protótipo ira usar a data de nascimento, ou pode ser solucionado por meio de uma nova opção de horário para o professor.

A grade horária apresentou um resultado satisfatório com relação ao preenchimento da grade curricular de acordo com as disciplinas de cada curso foram dimensionadas uniformemente durante a semana de acordo com o turno selecionado.

Interação com o Usuário: Para uma correta geração da grade horária o protótipo deve necessariamente executar uma serie de validações como:

Caso haja disciplina cadastrada sem a disponibilidade do professor, o protótipo, alerta ao usuário o nome da disciplina o número de horas aula e que não há professor disponível

ISSN 1809-3957

para lecionar a disciplina, informa o período letivo e o turno e interrompe a execução da grade horária, conforme anexo C.

Caso a haja professores com disciplinas cadastradas mas com colisões de disponibilidade de horário, o protótipo, alerta ao usuário o identifica os professores que lecionam a disciplina, mas já foram utilizados , listando a o nome do professor a turma e a disciplina que o professor foi alocado e interrompe a execução da grade horária, conforme anexo D.

Caso o professor tenha cadastrado disponibilidade para um turno de aulas parcial o protótipo identifica os horários de aula necessários para geração da grade e avisa que o professor leciona a disciplina, mas está sem disponibilidade para aquele horário que esta disponível, o protótipo, alerta ao usuário o nome da disciplina e interrompe a execução da grade horária, conforme anexo.

Caso o professor tenha cadastrado a disciplina, mas não tenha cadastrado a disponibilidade para um dia da semana na qual uma disciplina foi distribuída uniformemente por bloco de aula, o protótipo, alerta ao usuário o identifica o dia da semana e o nome da disciplina necessária para geração da grade e interrompe a execução da grade horária, conforme anexo.

Caso a disciplina tenha sido cadastrada na grade curricular uma carga horária superior a quantidade de horas aulas disponíveis por dia, as cargas horárias de cada disciplina foram respeitadas, de acordo como os slots de horários permitidos por semana de acordo com o turno, o protótipo, alerta ao usuário o nome da disciplina e interrompe a execução da grade horária.

Caso a disciplina tenha sido cadastrada na grade curricular uma carga horária superior a quantidade de dias da semana distribuída durante a semana as cargas horárias de cada disciplina, de acordo como os slots de horários permitidos de acordo com o dias da semana, o protótipo, alerta ao usuário o nome da disciplina dias da semana envolvidos e carga horária da disciplina informada, além de interromper a execução da grade horária.

Caso não tenha salas de aulas cadastradas disponíveis para alocar a turma, o protótipo alerta ao usuário e interrompe a execução da grade horária

Conforme resultados apresentados o ambiente suportou os testes com perfeição de funcionamento dos seus componentes e apresentou uma solução satisfatória ao problema gerado através do ambiente.

O protótipo da grade horária pode ser gerado infinitamente até que o horário possa ser considerado satisfatório para os envolvidos.

A inicialização da população consistiu em criar um conjunto de indivíduos iniciais, a população inicial, não possui indivíduos ótimos, pois a probabilidade de existir alguma colisão, nos horários de professore e extremamente grande, devido ao grande número de restrições envolvidas e inicialização da população.

A criação da população não foi totalmente aleatória, foram respeitas algumas condições para alocar os genes (horários) e alelos (professores e disciplina) na população de cromossomos. Dentre as condições na criação da população inicial podem-se citar:

Restrições de professor e disciplina, cada novo cromossomo recebem apenas genes e alelos de disciplinas e professores que sejam aptos a ministrarem as disciplinas, isso garante que não haja inconsistência de professores com disciplinas,

Distribuição das disciplinas uniformemente durante a semana, garantir que cada um dos semestres possua todas as disciplinas com o seu numero de carga horária necessária.

Criação de blocos de disciplinas, para que ela não seja repetida num mesmo dia, são criados cromossomos que possibilitam que todas as aulas de uma mesma disciplina não sejam centralizadas em um dado dia da semana, essa condição pode ser alterada posteriormente por meio da técnica de mutação.

Reduzir o tempo de execução do algoritmo, através da criação dessas condições foi possível reduzir o tempo de resposta do algoritmo, caso não existissem essas restrições, em cada uma das iterações do algoritmo teriam de ser verificados todos os cromossomos com o objetivo de garantir que não haja professores alocados em disciplinas não habilitadas e de verificar se todos os semestres possuem a grade curricular com as disciplinas completas.

Conclusões

No trabalho desenvolvido foram atingidos os objetivos propostos, o algoritmo genético desenvolvido mostrou-se uma solução satisfatória e eficiente para o problema, principalmente na distribuição das disciplinas na grade horária, sem que haja colisões mesmo quando submetido a vários cursos e disciplinas.

A geração da grade de horária se tornou ágil, pois o processo acontecera automaticamente, em caso de impossibilidades o protótipo lista os conflitos devendo o responsável interagir com o protótipo, existindo a possibilidade do programa não conseguir gerar a grade, o processo trouxe melhorias no processo de validação das grades de horário e na forma de realizar a mutação das aulas durante a geração da grade de horário.

Como sugestão para trabalhos futuros, sugere-se um estudo para melhoria na codificação do protótipo, para que haja o menor número de interações com o usuário, e a pesquisa da utilização de algoritmo Genético para a melhora sem que haja colisões considerando as restrições de horários impostas pelos professores.

Sugere-se ainda, para trabalhos futuros, a inclusão de novas funcionalidades para fazer o preenchimento das

ISSN 1809-3957

opções de horários e disciplinas lecionadas ao professor via Web.

Referências Bibliográficas

CARVALHO, M.B.; Yamakami, A. Meta-heurística Híbrida de Sistema de Colônia de Formigas e Algoritmo Genético para o Problema do Caixeiro Viajante. Revista TEMA – Tendências Matemáticas Aplicada e Computacional., 9, No. 1. p. 31-40. 2008

GÓES, Anderson Roges Teixeira. Otimização na Distribuição da Carga Horária de Professores – Método Exato, Método Heurístico, Método Misto e Interface – Curitiba, 2005. xiv, 129 f. : il.

Goldberg, D. E. Genetic algorithms in search, optimization and machine learning. Reading: Addison Wesley, 1989. 412p.

LUCAS, D.C. Algoritmos genéticos: uma introdução. Porto Alegre, 2002. Disponivel em: http://www.inf.ufrgs.br/~alvares/INF01048IA/Apostila AlgoritmosGeneticos.pdf. Acesso em 28/09/2010.

KOTSKO, E. G. S. Otimização na construção da grade horária escola – uma aplicação. Curitiba, 2003. 66 f. Dissertação (Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia) – Setor de Ciências Exatas e Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

OLIVEIRA, José Auriço, Construção de Tabela de Horário Escolar na WEB [Fortaleza] 2003 x, 84 p. 29,7 cm (MIA/UNIFOR, M. Sc. Engenharia do Conhecimento, 2003) http://www.ppgmne.ufpr.br/arquivos/diss/117.pdf Acesso em 10 de abril de 2010.

PINA, Marta Cardoso, Abud, Marcio Marcelino. Estudo para Automação de horários escolares em uma Instituição de ensino, apresentado no 3º Simpósio Hipertexto e Tecnologias na Educação: redes sociais e aprendizagem, Dezembro 2010, Recife – Pernambuco, Anais Eletrônicos, ISSN 1984-1175, disponível no site: http://www.ufpe.br/nehte/simposio/anais/index.html.

PAIM, Alexandre da Silva, GREIS, Ivone Chassot, Abordagens para Elaboração Automatizada de Tabela de Horários Acadêmicos. Artigo(Acadêmicos do curso de Administração da Universidade Luterano do Brasil, 2008.

http://guaiba.ulbra.tche.br/pesquisas/2008/artigos/administracao/376.pdf acessado em 19/10/2110.

PETROVIC, Sanja ;BURKE, Edmund. University Timetabling.Disponível em: <http://www.asap.computerscience.nottingham.ac.uk/publications/pdf/HandbookSchedTT.pdf> Acesso em: 15/10/2010.

SOUZA, Marcone Jamilson Freitas. Programação de horários em escolas: uma aproximação por metaheurísticas. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas e Computação) – UFRJ, Rio de Janeiro,2000.

TAN, Swee-Chuan. An Object Oriented Timetabling Framework with Applications. 2003.Minor Thesis (Master of Information Technology) – Monash University. Acesso em 15/10/2010.

Copyright

O autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(eis) pelo conteúdo impresso neste artigo.

PREVISÃO DA DEMANDA DE SOJA DO ESTADO DO PARANÁ UTILIZANDO OS MÉTODOS DE HOLT E AUTOREGRESSÃO

S. P. Detro, Teófilo Miguel de Souza, O. Canciglieri Jr.

Resumo

A soja é a principal responsável pela entrada do Brasil no mercado externo, sua demanda e produção aumentam ano a ano, e, atualmente, este é o produto de maior demanda mundial. Porém, os produtores deste e de outros grãos enfrentam um dos problemas que é em relação à capacidade de armazenagem brasileira. A baixa capacidade de estocagem de grãos prejudica principalmente os produtores que, por falta de local adequado para armazenamento, são impedidos de negociar a venda do produto e são obrigados a pagar tarifas elevadas de fretes para não prejudicar a qualidade dos grãos. Este artigo tem como objetivo fazer a previsão da demanda de soja para as próximas dez safras e assim, analisar a necessidade de capacidade futura de armazenagem de grãos no Paraná. Os métodos de previsão de demanda estudados foram: o método de Holt e Autoregressão. O método de Holt foi utilizado para a previsão, pois apresentou o menor MAD. Através deste método verifica-se que na safra de 2016/17 a produção de soja será maior que a capacidade atual de estocagem de grãos paranaense. Através deste trabalho, espera-se auxiliar na tomada de decisão no planejamento da capacidade futura de estocagem de soja no Estado do Paraná.

1. Introdução

A soja é a mais importante oleaginosa cultivada no mundo, participando com um pouco mais de 50% na produção mundial de grãos. Seus derivados possuem diversas utilizações, entre as quais estão o suprimento da demanda mundial de óleos vegetais, a produção de ração animal, a alimentação humana e a aplicação industrial.

Os Estados Unidos é o maior produtor de soja, o Brasil o segundo. Um dos fatores prejudiciais à competitividade da soja brasileira é a capacidade deficiente dos armazéns. A baixa capacidade dos armazéns e a grande demanda por transportes na época das colheitas elevam os fretes e os produtores se vêem diante de duas alternativas: submeter-se aos fretes elevados ou então utilizar armazéns terceirizados.

Outro problema da baixa capacidade de armazenamento do Estado é a formação de filas nos portos, pois, sem local para estocar os grãos, o produto deve ser vendido pouco antes da colheita.

Devido a estes fatores, a previsão da demanda de soja no mercado interno pode ser considerada uma importante informação para o planejamento estratégico. É importante para os produtores, para os proprietários de armazéns, para as indústrias de modificação e também para os portos.

O objetivo deste artigo é fazer a previsão da demanda de soja no Estado do Paraná para as próximas sete safras. Para isto são testados dois métodos de previsão da demanda, método de Holt e Autoregressão, e aquele com menor MAD é utilizado para a previsão.

2. Metodologia da pesquisa

A metodologia desta pesquisa pode ser dividida em quatro fases principais, como ilustrada na Figura 1. Na primeira etapa foram realizadas pesquisas a respeito da produção de soja no Estado do Paraná. Na segunda, foram estudados os métodos de previsão. Na etapa seguinte foram aplicados os métodos de previsão e a quarta consistiu na análise dos resultados.

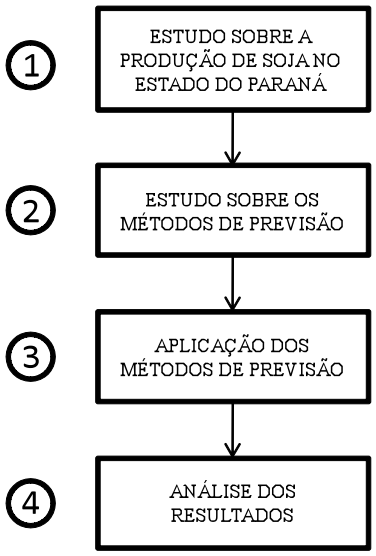


Figura 1 - Metodologia da pesquisa.

3. Métodos de Previsão da demanda

Martins *apud* Queiroz e Cavalheiro (2003), define previsão como um processo metodológico para a determinação de dados futuros baseado em modelos estatísticos, matemáticos ou econométricos ou ainda em modelos subjetivos apoiados em uma metodologia de trabalho clara e previamente definida.

Segundo Ballou (2001), os métodos de previsão de demanda estão divididos em três grupos: qualitativos, quantitativos ou projeção histórica e causal. Os métodos qualitativos são subjetivos ou optativos por natureza e são baseados em estimativas e opiniões. São utilizados, principalmente, quando não existem dados disponíveis.

ISSN 1809-3957

Projeção histórica ou métodos quantitativos são utilizados quando há uma quantidade razoável de dados históricos disponíveis. Estes métodos baseiam-se na análise de dados que descrevem a variação da demanda ao longo do tempo, ou seja, em séries temporais e utilizam ferramentas estatísticas e modelos matemáticos. A sua premissa básica é que o futuro será uma reprodução do passado, ao menos em grande parte.

Os métodos causais são aqueles que buscam identificar os fatores que influenciam o comportamento da demanda para, assim, compensar as falhas da análise de séries temporais.

Os modelos ainda podem ser divididos em curto, médio e longo prazo. Segundo Davis Aquilano e Chase (1997), as variações aleatórias são compensadas pelos modelos de curto prazo. As variações de médio prazo são úteis para efeitos sazonais e as de longo prazo são úteis na identificação de pontos críticos e normalmente detectam tendências.

Segundo Queiroz e Cavalheiro (2003), a escolha do método a ser adotado para a previsão de demanda depende da natureza do produto e de outros fatores, tais como a disponibilidade dos dados históricos, o horizonte de previsão, a precisão necessária, o orçamento disponível e o padrão dos dados existentes.

Este trabalho utiliza métodos quantitativos de previsão de demanda. Estes métodos são: modelo de Holt e Autoregressão.

3.1 MÉTODO DE HOLT

O método de Holt é uma extensão sofisticada do suavizamento exponencial. O suavizamento exponencial pode ser usado para previsão de curto-prazo, embora se possa estender esta previsão para numerosos períodos de tempo no futuro, porém, isto só é significativo se não houver tendência global ascendente ou descendente na série.

Este método fornece simultaneamente a técnica para estudo do nível do movimento global e da tendência futura da série e é utilizado quando os dados não são sazonais.

Segundo Chopra e Meindl (2003), neste modelo o componente sistemático da demanda é:

Componente sistemático da demanda = nível + tendência.

Para usar o método de Holt em qualquer período i, deve-se estimar continuamente o nível da série (E_i) e o valor da tendência (T_i), como nas equações (1) e (2), (Chopra e Meindl, 2003):

$$\text{Nível } E_i = U\,(E_{i-1} + T_{i-1}) + (1 - U)\,Y_i; \quad (1)$$

$$\text{Tendência } T_i = VT_{i-1} + (1 - V)\,(E_i - E_{1-i}); \quad (2)$$

Onde:
E_i = nível da série suavizada que está sendo computada no período de tempo i;
E_{i-1} = nível da série suavizada que já foi computada no período de tempo i – 1;
T_i = valor (do componente) da tendência que está sendo computado o período de tempo i;
T_{i-1} = valor (do componente) da tendência que já foi computada no período de tempo i – 1;
Y_i = valor observado na série temporal no período i;
U = suavizamento atribuído subjetivamente (constante – onde $0 < U < 1$);
V = suavizamento atribuído subjetivamente (constante – onde $0 < V < 1$).

Para usar o método de Holt para previsão deve-se assumir que todos os movimentos futuros da tendência continuarão do nível de suavizamento mais recente E_n. Para prever j anos no futuro, tem-se a equação (3) (Chopra e Meindl, 2003):

$$\hat{Y}_{n+j} = E_n + J\,(T_n) \quad (2)$$

Onde:
$\hat{Y}_{n+j}$ = valor previsto j anos no futuro;
E_n = nível da série suavizada computada no período n de tempo mais recente;
T_n = valor do componente de tendência computada no período n de tempo mais recente;
J = número de anos no futuro.

3.2 AUTOREGRESSÃO

Modelagem autoregressiva é outra previsão útil para previsão com dados anuais de séries temporais.

Os valores das séries de dados em pontos particulares no tempo são altamente correlacionados com os valores que os precede ou sucede. A primeira autocorrelação se refere ao valor da associação entre os valores consecutivos na série temporal. A segunda autocorrelação se refere ao valor do relacionamento entre valores de dois períodos distantes. A pth autocorrelação se refere ao tamanho da correlação entre valores na série temporal que são p períodos distantes.

Para obter um melhor ajuste histórico dos dados, e ao mesmo tempo, fazer previsões úteis de seu comportamento futuro, pode-se fazer um exame das características de autocorrelação potenciais inerentes em tais dados considerando métodos de modelagem autoregressiva. A utilização do Excel facilita a implementação do modelo de autoregressão e é utilizado neste trabalho.

4. Armazenagem

Segundo Ballou (1993), a armazenagem é um componente essencial das atividades logísticas, pois melhora a coordenação entre oferta e demanda, além de diminuir os custos totais. Somente os custos de armazenagem podem absorver de 12 a 40 % das despesas logísticas da firma.

Alvarenga e Novaes (2000) afirmam que do ponto de vista logístico, a armazenagem possui diversas funções, dependendo dos objetivos gerais da empresa e do papel desempenhado pela instalação. Além da função de armazenagem propriamente dita, um armazém pode desempenhar as funções de transferência e transbordo, agrupamento ou composição e consolidação ou desconsolidação.

Os principais objetivos para a utilização de armazéns é a redução dos custos de transporte, necessidades de produção, pois em alguns casos, a armazenagem faz parte do processo de produção, proporciona a disponibilidade do produto no mercado, além da coordenação entre suprimento e demanda (BALLOU, 1993).

Para d'Arce (2008), um armazém propicia a comercialização da produção em melhores períodos, evitando as pressões naturais do mercado na época da colheita. A retenção do produto, se bem conduzida, apresenta ainda vantagens como:

- minimização das perdas quantitativas e qualitativas que ocorrem no campo devido ao atraso da colheita ou durante o armazenamento inadequado;
- economia no transporte, pois os fretes têm seu preço elevado na época de colheita;
- maior rendimento na colheita por evitar a espera dos caminhões na fila nas unidades armazenadoras ou intermediárias;
- melhora a qualidade do produto, evitando o processamento inadequado devido ao grande volume a ser processado por período de safra.

Segundo Alves (2005), quando se trata da armazenagem de produtos agrícolas, e especificamente de grãos, a localização junto às áreas produtoras tende a ser mais eficiente, pois reduz a movimentação do produto, já que o mesmo só deixará o armazém em direção ao seu destino final e o custo de armazenamento na área rural tende a ser menor;

Júnior e Nogueira (2007) afirmam que há grande desperdício dos grãos após sua colheita, e que o armazenamento adequado pode evitar que estas perdas ocorram, além de preservar a qualidade dos alimentos e suprir as demandas na entressafra.

4.1 ARMAZENAMENTO DE GRÃO NO BRASIL E NO ESTADO DO PARANÁ

Segundo dados da CONAB (2006), o país produziu na safra de 2005/2006, 121 milhões de toneladas de grãos e a sua capacidade de armazenamento é de 109 milhões de toneladas de grãos. Este estudo ainda aponta que não houve espaço para 25% da colheita.

Junior e Nogueira (2007) afirmam que a armazenagem no Brasil não tem acompanhado o ritmo de crescimento das safras, verificando-se assim, déficit em determinadas áreas.

Segundo Martins, Lemos e Cypriano (2005), um dos grandes problemas é que mesmo a produção de grãos apresentando crescimento, a capacidade dos armazéns continua a mesma. Além disso, no Brasil somente os grandes produtores possuem estrutura de armazenagem, já os pequenos têm duas opções, vender o produto logo após a colheita ou utilizar armazéns de terceiros e arcar com os custos. Segundo o autor nas atividades do agronégocio muitas vezes opta-se pela não utilização de armazéns, transportando a safra diretamente da propriedade para os portos, sem levar em conta que as atividades de armazenagem poderiam gerar vantagens na comercialização.

Segundo Gameiro (2003), a soja possui períodos de concentração da sua colheita que são reforçados pela estrutura deficiente dos armazéns brasileiros. Para Oliveira (2001), um dos problemas é que a soja disputa espaço nos armazéns com outros produtos, como o milho e o trigo, por isto o espaço dos armazéns é limitado.

A baixa capacidade dos armazéns, além de causar filas gigantescas nos portos do país, prejudica o produtor, que não podendo guardar o produto colhido é obrigado a vendê-lo sem direito de barganhar por melhores preços, além de pagar altos fretes para não perder a colheita. Conforme Corrêa, Gianesi e Caon (2001), outro grave problema é que além da falta de silos, os poucos existentes encontram-se longe da região produtora. De acordo com dados da CONAB (2006), apenas 11% da capacidade de armazenagem brasileira está localizada nas propriedades rurais.

Segundo Martins, Lemos e Cypriano (2005), entre os benefícios gerados pelos armazéns aos produtores de soja, pode-se citar a escolha da melhor época para comercialização, aproveitamento total do produto, flexibilidade no escoamento da produção possibilitando menores gastos com fretes e adequação do período da colheita garantindo um produto com melhor qualidade. Corrêa, Gianesi e Caon (2001) acrescentam que possuir um sistema de armazenamento próprio maximiza receita, minimiza custos, evita picos de oferta e melhora a renda.

Dados da CONAB (2006) mostram que o Paraná é o estado que possui maior capacidade de armazenagem total, com 20,3% do total brasileiro. Mesmo possuindo esta posição, o déficit estático de armazenagem é de 33% da produção anual de grãos.

A Figura 2 mostra a evolução da produção de grãos e a evolução da capacidade de estocagem no Paraná. Desde a safra de 2000/01 que a capacidade de armazenagem do Estado não suporta a sua produção.

De todos os armazéns instalados no Estado, 23,26% são de estrutura convencional, apropriado para a guarda de produtos ensacados ou enfardados e 76,74 % de armazéns graneleiros, com capacidades instaladas de 5.068 milhões de toneladas e 16.723 milhões de toneladas, respectivamente.

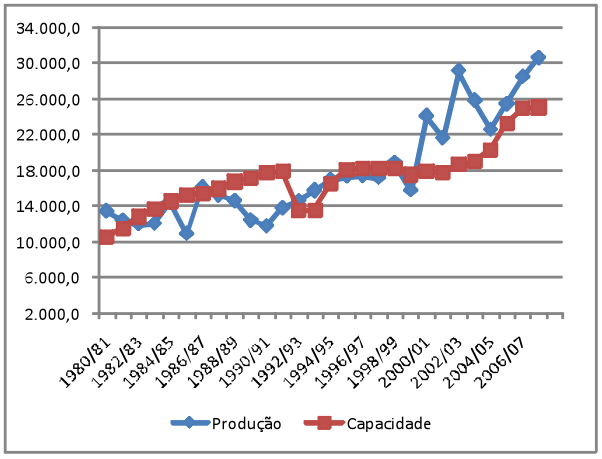


Figura 2 – Evolução da produção de grãos e da capacidade de armazenagem no Paraná

Segundo estimativas de instituições como a CONAB, o ideal é que a capacidade estática de armazenagem do Paraná possa receber 80% de toda a produção de grãos em armazéns graneleiros.

5. Produção de soja no estado do Paraná

Para as previsões de demanda são necessárias as quantidades de soja produzida no Estado do Paraná durante determinado período. Neste estudo são utilizados dados da safra de 1980/81 até 2007/08, para as safras posteriores, a base de dados utilizada apresenta apenas previsões, por este motivo estas safras não são analisadas. Estes dados foram capturados na base de dados da CONAB e encontram-se na tabela 1:

SAFRA	PRODUÇÃO	SAFRA	PRODUÇÃO
1980/81	5.240,0	1994/95	5.534,8
1981/82	4.262,0	1995/96	6.241,1
1982/83	4.325,0	1996/97	6.565,5
1983/84	4.114,0	1997/98	7.191,0
1984/85	4.448,5	1998/99	7.723,3
1985/86	2.568,0	1999/2000	7.130,4
1986/87	3.853,9	2000/01	9.502,3
1987/88	4.770,8	2001/02	5.420,4
1988/89	5.054,5	2002/03	10.971,0
1989/90	4.572,0	2003/04	10.036,5
1990/91	3.617,4	2004/05	9.707,3
1991/92	3.415,3	2005/06	9.645,6
1992/93	4.720,0	2006/07	11.915,6
1993/94	5.327,8	2007/08	11.896,1

Tabela 1 - Produção de soja no Estado do Paraná*

Fonte: CONAB, 2010.
Nota: * em milhões de toneladas

Os dados apresentados na Tabela 1 dizem respeito à produção de julho a julho, por este motivo os dados são apresentados ano/ano. A evolução da produção de soja paranaense pode ser visualizada na Figura 3:

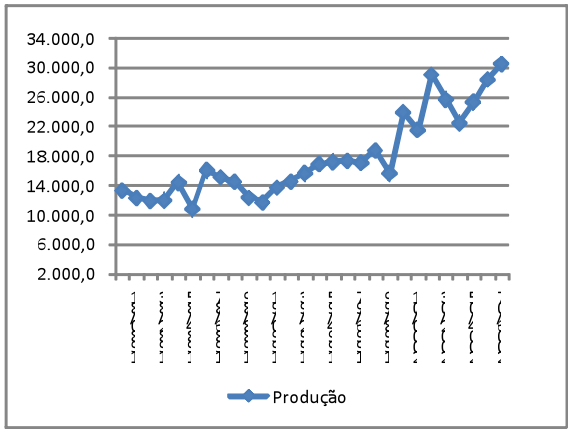


Figura 3 – Evolução da produção de soja no Estado do Paraná

Através da Figura 3, nota-se que houve uma grande quebra da produção na safra de 2001/02. A ferrugem asiática foi responsável por esta quebra.

Causada pelo fungo Phakopsora pachyrhiz, a ferrugem asiática espalha-se rapidamente em função da eficiente disseminação pelo vento. O principal sintoma da ferrugem asiática é o aparecimento de manchas que leva a queda precoce das folhas impedindo a formação completa dos grãos (EMBRAPA). Atualmente esta doença está controlada no Estado e os produtores já têm conhecimentos de como impedir a sua proliferação.

A Figura 3 também mostra como a soja paranaense se recuperou rapidamente. Na safra de 2002/03 houve um grande crescimento seguido de uma pequena diminuição nas três safras seguintes, porém houve novo aumento na safra de 2006/07.

6. Resultados

Para selecionar o método a ser utilizado para previsão da produção de soja será considerado o método que apresentar o menor erro médio absoluto - MAD. O erro médio absoluto é representado pela equação (4) (Chopra e Meindl, 2003):

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{|Yi - Y'i|}{n} \qquad (2)$$

Onde:

Yi = valor real;
Y'i = valor ajustado;
n = número de valores.

O MAD é a medida das médias das discrepâncias absolutas entre os valores reais e os valores ajustados. Se o

ISSN 1809-3957

modelo ajustado for igual ao real, o MAD é 0, logo, quanto maior for o MAD, maior é a diferença do modelo ajustado para o real.

O método de Holt é utilizado quando os dados não são sazonais e também pode ser utilizado para previsões de longo-prazo. Deve-se deixar claro que, se a analise estivesse sendo realizada mês a mês haveria sazonalidade, porém os dados são analisados ano a ano e, neste caso, não há sazonalidade.

O método utiliza valores para nível (U) e tendência (V), que são atribuídos subjetivamente. Logo, testaram-se diferentes combinações para U e V. Os valores que apresentaram o menor MAD foram 0,8 para V e 0,1 para U, com erro médio absoluto de 112,5. A Figura 4 mostra a produção de soja paranaense e os dados obtidos através do método de Holt.

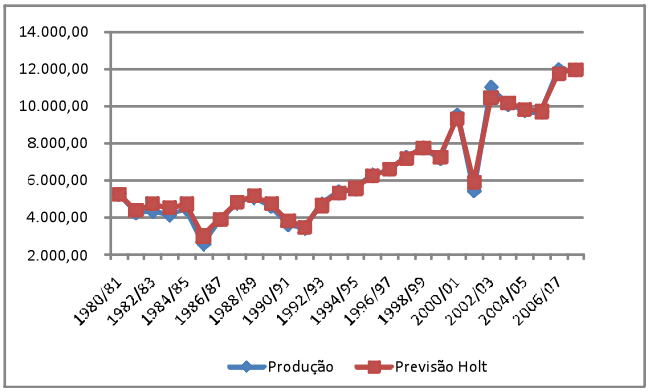


Figura 4 – Produção e previsão utilizando o método Holt

Analisando a Figura 4, nota-se que com estes valores de V e U, o método de Holt se aproxima muito da produção real.

Para o método de autoregressão, testaram-se quatro possibilidades. Autoregressão de primeira, segunda, terceira e quarta ordem. Os comportamentos obtidos foram:

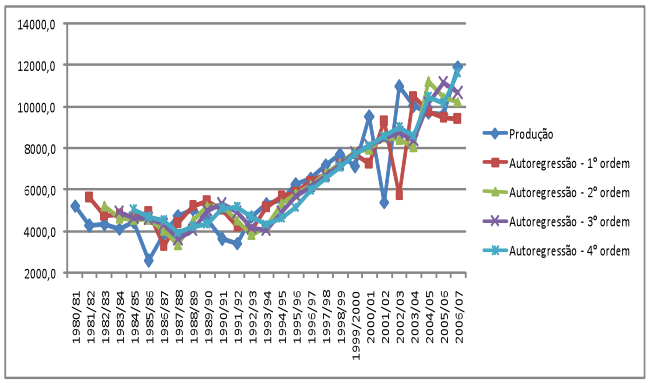


Figura 5 – Produção e autoregressão de 1º, 2º, 3º e 4º ordens

Os erros médios absolutos encontrados para cada uma das possibilidades são apresentados na Tabela 2:

ORDEM	MAD	ORDEM	MAD
1º	1027,5	3º	1080,6
2º	1074,4	4º	1016,3

Tabela 2 - MAD da Autoregressão

Dentre os métodos utilizados para a previsão da demanda de soja, o menor MAD foi 112,5 obtido com o método de Holt e o mesmo foi utilizado para a previsão de demanda para as próximas dez safras:

SAFRA	PREVISÃO	SAFRA	PREVISÃO
2008/09	12.493,44	2013/14	15.249,67
2009/10	13.044,69	2014/15	15.800,92
2010/11	13.595,93	2015/16	16.352,16
2011/12	14.147,18	2016/17	16.903,41
2012/13	14.698,42	2017/18	17.454,66

Tabela 3 - Previsão da demanda utilizando Holt*
Nota: *em milhões de toneladas

O método de Holt também demonstra tendência do aumento da demanda de soja no Estado do Paraná. Através da Figura 6, pode-se notar o seu crescimento, chegando a 17.500 milhões de toneladas na safra de 2017/18.

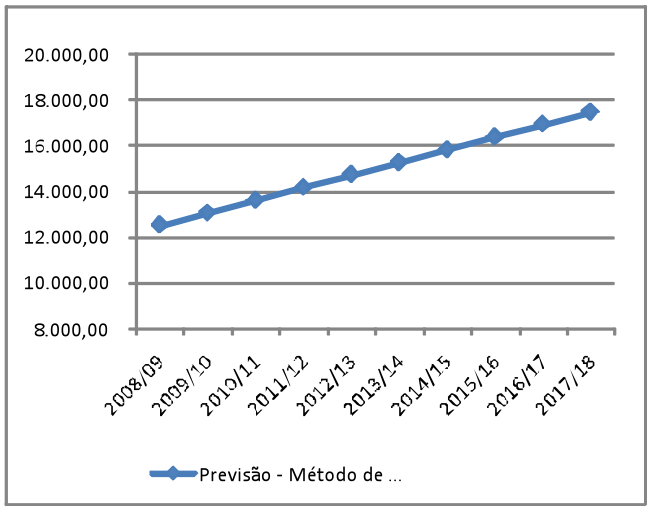


Figura 6 – Previsão da produção utilizando o método de Holt.

7. Discussão e conclusão

Este artigo apresentou a previsão da demanda de soja paranaense para as próximas dez safras. Foram estudados dois métodos de previsão, método de Holt e Autoregressão, e aquele que apresentou o menor MAD foi utilizado para a previsão.

A previsão da demanda possui um papel importante em diversas áreas de gestão de organizações. Em uma indústria, as previsões podem auxiliar na determinação da produção, na gestão de estoques, nas necessidades futuras dos recursos, etc. Além disso, as previsões podem ser utilizadas na prestação de serviços, na economia, na agricultura, no crescimento populacional, no meio ambiente, entre outros.

ISSN 1809-3957

A soja apresenta uma grande importância para a economia do Brasil, assim como para os Estados que a produzem, sendo o Paraná um deles. Porém alguns problemas logísticos prejudicam a sua competitividade, dentre eles a capacidade de armazenagem de grãos brasileira. Devido à baixa capacidade de armazenagem, os produtores se vêem obrigados a vender o produto assim que colhido para que o mesmo não fique exposto às condições climáticas, nestes casos, o produtor não tem condições de negociar por melhores preços. Em alguns casos, os produtores terceirizam armazéns aumentando assim seus gastos. Além destes problemas, também há problemas com os portos e com o transporte da soja, dentre outros.

A previsão da produção de grãos é uma importante informação para o planejamento logístico futuro. Com a previsão da produção é possível estimar o quanto é necessário aumentar a capacidade dos armazéns, além de fornecer informação útil para os portos. Por este motivo, o objetivo deste estudo foi fazer a previsão da produção de soja paranaense para as próximas dez safras.

Foram estudados dois métodos de previsão, o método de Holt e autoregressão de 1º, 2º, 3º e 4º ordem. O método de Holt foi escolhido para a previsão, pois apresentou o menor erro médio absoluto de 112,5. Este método demonstrou tendência de aumento na produção de soja e, assim verifica-se necessidade de aumento da capacidade de armazenagem de grãos no Estado do Paraná.

Segundo o método de Holt, na safra de 2016/17 somente a produção de soja ultrapassa a atual capacidade de estocagem de grãos do Estado de 16.723 milhões de toneladas. Porém, como as previsões realizadas nesta pesquisa levam em consideração apenas os dados históricos, vale lembrar que há um limite para este crescimento, pois o Paraná não possui grandes áreas para expansão da cultura.

Uma sugestão para trabalhos futuros é o estudo a respeito de qual a capacidade ideal para estes armazéns e utilizar outros métodos de localização para os mesmos. Outra sugestão é um estudo a respeito da previsão da produção de grãos no Paraná, pois como os grãos dividem o mesmo espaço, estes estudos podem servir de base para o melhor dimensionamento futuro dos armazéns. Outra sugestão é analisar a área disponível para crescimento da produção de grãos que, também, é um fator importante para melhor definir o tamanho dos futuros armazéns.

Os resultados encontrados neste trabalho confirmam a necessidade do Estado do Paraná em aumentar a sua capacidade de estocagem de grãos, pois mesmo possuindo a maior capacidade de armazenamento de grãos do Brasil, ainda falta espaço para armazenar toda a produção do Estado.

8. Referências Bibliográficas

ALVARENGA, Antonio Carlos, NOVAES, Antonio Galvão N. Logística Aplicada. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 2000.

ALVES, André Gustavo de Miranda Pineli. Armazenagem de grãos no Paraná: diagnostico da situação atual. 2005. Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul.

BALLOU, Ronald H. Logística Empresarial. São Paulo: Editora Atlas, 1993.

BALLOU, Ronald H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

CHOPRA, Sunil; MEINDL, Peter. Gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operação. São Paulo: Practice Hall, 2003.

CONAB. Disponível em: < www.conab.gov.br/ >. Acesso em: 11 de Jan. de 2011.

CORRÊA, Henrique L.; GIANESI, Irineu G. N.; CAON, Mauro. Planejamento, programação e controle da produção. 4° Edição – Editora Atlas, São Paulo, 2001.

D'ARCE. Marisa A. B. Regitano. Pós colheita e armazenamento de grãos. 2008. Texto compilado para a disciplina LAN. Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição ESALQ/ USP.

DAVIS, M. M.; AQUILANO, N. J. CHASE, R. B. Fundamentos da Administração da Produção. 1997. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman.

EMBRAPA. Disponível em<www.embrapa.br>. Acesso em: 12 de Jan.. de 2011.

GAMEIRO, Augusto Hauber. Índices de preço para o transporte de cargas: o caso da soja a granel. 2003. Tese (Doutorado em Ciências, Área de concentração: Economia Aplicada). USP, São Paulo.

JÚNIOR, Sebastião Nogueira; NOGUEIRA, Elizabeth Alves e. Centrais regionais de armazenagem como apoio à comercialização de grãos. Informações Econômicas, SP, v.37, n.7, jul. 2007.

MARTINS, Ricardo S.; LEMOS, Mauro Borges; CYPRIANO, Luiz Alberto. Impactos da carência de investimentos na logística pública de transportes para o agronegócio: discussão teórica e evidências para o caso Brasileiro. Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar, 2005.

OLIVEIRA, Elis Barbosa de. Uma contribuição para a busca de meios alternativos de comercialização para os produtores de soja da região oeste do Paraná. 2001. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

QUEIROZ, Abelardo Alves; CAVALHEIRO, Darlene. Método de previsão de demanda e detecção de sazonalidade para o planejamento da produção de indústrias de alimentos. XXIII Encontro Nac. de Engenharia de Produção - Ouro Preto, MG, Brasil, 21 a 24 de out de 2003.

Copyright

O autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(eis) pelo conteúdo impresso neste artigo.

Sistematizando Fatores de Desempenho para Melhoria dos Processos no Setor de Serviços

ISSN 1809-3957

M. L. M. Okumura, C. E. B. Carvalho, E. Pinheiro de Lima, Teófilo Miguel de Souza, O. Canciglieri Jr.

Resumo

O foco principal do produto da prestação de serviços é o atendimento realizado ao cliente. Tratando-se de competitividade, as empresas que desejam maior participação no mercado devem oferecer produtos de qualidade com preço acessível, além satisfazer as necessidades dos clientes. Desta forma, no campo da pesquisa de desenvolvimento do produto, há o conceito de engenharia simultânea, que implica na geração ou aperfeiçoamento de novos produtos através da multidisciplinaridade em todas as fases do desenvolvimento. Uma das ferramentas utilizadas é o Desdobramento da Função Qualidade (QFD), cujo fundamento principal é a preocupação de que os produtos devem ser projetados para refletir os desejos, as preferências e as expectativas dos usuários. Dentro destes conceitos, este artigo visa sistematizar os principais fatores estratégicos para concepção de um serviço, abordando as funções de Medição de Desempenho no Processo Integrado de Desenvolvimento de Produtos. A pesquisa é teórico-conceitual de abordagem qualitativa, a qual abrange a revisão literária de Desenvolvimento de Produto e de suas ferramentas, Medição de Desempenho e Prestação de Serviços formando uma proposta de modelo conceitual; em seguida, abre-se uma discussão para ilustrar as idéias levantadas e comparadas no processo de uma empresa de prestação de serviços especializada na injeção de plástico de peças automotivas.

1 – Introdução

Em tempos de competitividade global, é essencial oferecer um produto de qualidade e preço atrativo ao mercado, além de atender e satisfazer às necessidades do cliente. Entretanto, quando o produto trata-se de prestação de serviço, acrescenta-se um foco especial ao cliente, de servi-lo melhor e cativá-lo para o fornecimento contínuo.

De acordo com Kotler (2000), a prestação de serviço é um tipo de produto que normalmente exige-se mais controle de qualidade, credibilidade de fornecedor e adaptabilidade ao mercado. Logo, para a criação e elaboração deste produto, verifica-se a necessidade do envolvimento e interação de diversas áreas, formando uma equipe multifuncional focado ao cliente.

Nesta expectativa, para constituir o produto, pode orientar-se com o conceito de Processo de Desenvolvimento Integrado do Produto, onde considera-se o processo de transformação e geração de informações através de equipe multidisciplinar que atende os requisitos, restrições do produto e soluções, durante todas as fases do processo e pensadas simultaneamente (BACK *et al.*, 2008). Além disso, Hartley (apud PRASAD,1997) apresenta na definição do conceito de Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) que a "Engenharia Simultânea é uma metodologia de desenvolvimento de produtos, na qual vários requisitos (X-abilities) são considerados parte do PDP (manufatura, serviço, qualidade, entre outros). Esses requisitos não servem somente para se atingir as funcionalidades básicas do produto, mas para definir um produto que atenda todas as necessidades dos clientes".

Para Clark e Fujimoto (1991), as necessidades dos clientes estão no parecer do mercado que contribuem nas informações e bens necessários para a produção de um produto com fins comerciais. Porém, em relação às informações para avaliação, existe certo grau de complexidade na correlação entre o produto e o usuário para identificar e medir a expectativa do cliente em relação ao produto devido apresentar critérios que tendem ser altamente subjetiva e emocional, envolvendo fantasia e simbolismo, e isto, dificulta para traduzir em especificações técnicas. No entanto, dentro da estrutura de PDP, encontra-se o método do Desdobramento da Função Qualidade (QFD), o qual, o fundamento principal está na preocupação de que os produtos devem ser projetados para refletir o desejo, gostos e expectativas dos usuários (BACK *et al.*, 2008). Quanto à concorrência, Neely (1999) argumenta que as organizações procuram diferenciar de seus concorrentes em termos de serviço, flexibilidade, personalização, inovação e rápida resposta, e o uso de medidas podem incentivar nas implementações das estratégias de desempenho dos negócios e no plano operacional para comunicação com seus colaboradores.

Neste contexto, visando a prestação de serviço como um produto que consiste de atividades realizadas no processo, o presente artigo tem o objetivo de sistematizar os principais fatores estratégicos para concepção do serviço,

abordando as funções de Medição de Desempenho no Processo Integrado de Desenvolvimento de Produtos.

A pesquisa é teórico-conceitual com abordagem qualitativa, pois através do embasamento teórico, aprofunda-se nos conhecimentos das áreas envolvidas. Conforme Berto e Nakano (1998), o estudo teórico-conceitual é o ponto de partida de uma pesquisa com intenção de esboçar um primeiro cenário, ou pano de fundo, que engloba uma tentativa de formular explicações acerca de algum aspecto da realidade. Quanto a pesquisa qualitativa, Martins (2010) destaca que o método qualitativo desvenda o caminho que percorre o processo para chegar ao resultado.

Neste estudo, a revisão literária compreende os conceitos e definições do Processo de Desenvolvimento de Produto e suas ferramentas, Medidas de Desempenho e Prestação de Serviço. Seguidamente, apresenta-se uma proposta de modelo conceitual estruturada, o qual abre-se uma discussão para ilustrar as idéias levantadas e comparadas no processo de uma empresa que presta serviços de injeção de plásticos de peças automotivas. Ao final, os resultados da discussão do modelo conceitual e a conclusão quanto os fatores de desempenho no processo de desenvolvimento de serviço.

2 – Fundamentação Teórica

Através do embasamento da revisão de literatura, constituem-se os conceitos e os constructos fundamentais nas pesquisas (FLEURY, 2010). Neste sentido, aprofundam-se nos conceitos e métodos do Processo de Desenvolvimento de Produto, o ambiente da Engenharia Simultânea, os proveitos da ferramenta QFD, as funções de Medição de Desempenho e as especificações de Prestação de Serviço.

2.1 - PDP - Processo de Desenvolvimento de Produto

Baxter (2001) define que o desenvolvimento de novos produtos é uma atividade complexa, envolvendo diversos interesses e habilidades, tais como de atender: os consumidores quanto os desejos de novidades, de melhores produtos, a preços razoáveis; os vendedores de requerer diferenciações e vantagens competitivas; e os empresários de querer pouco investimento e retorno rápido do capital. Por isso, este processo requer pesquisa, planejamento cuidadoso, controle detalhado e uso de métodos sistemáticos com abordagem interdisciplinar de várias áreas. Assim, os fatores internos da empresa devem estar voltados para cooperação entre a área técnica e marketing, onde informam as observações do mercado, quanto os benefícios significativos para os consumidores, que orientam as definições com precisão no planejamento e na especificação prévia do produto.

Para o desenvolvimento de produtos, as estratégias estão intrínsecas às atividades, podendo ser atribuídas como: estratégias ofensivas para empresas que querem liderança no mercado, estando sempre à frente dos concorrentes; estratégias defensivas para seguidores de empresas líderes; estratégias tradicionais para empresas que atuam em mercados estáticos; e estratégias dependentes para empresas subsidiárias, ou que trabalham sob encomendas, como demonstrada na Tabela 1 (BAXTER, 2001). Para Griffin e Page (1996) atribuem que as estratégias no PDP são: produtos novos que abrem um mercado completamente novo; produtos novos à organização que permitem entrada de uma companhia no mercado estabelecido; produtos novos que completam as linhas de produtos estabelecidas de uma organização; promover melhorias de desempenho nos produtos existentes; direcionar produtos existentes para mercados novos ou segmentos de mercado; e redução de custo.

Atividades ligadas ao desenvolvimento						
Tipo de estratégia	Pesquisa e desenvolvimento	Inovação e design	Prazo para entrar no mercado	Engenharia de produção	Marketing técnico	Patentes
Ofensiva	●●●	●●●	●●	●●	●●●	●●●
Defensiva	●	●●●	●●●	●●		●●
Tradicional				●●●		
Dependente				●●●		

Fonte: Baseado em Baxter (2001)

TABELA 1 - Diferentes estratégias empresarias

As contribuições do PIDP na elaboração do produto são:

1) Redução de custos, pois as mudanças ocorrem no decorrer do PDP e quanto antes solucionado, menor será o custo envolvido (BACK *et al.*,2008), (ROZENFELD *et al.*, 2006);

2) Melhoria da qualidade, segundo Rozenfeld *et al.* (2006) afirmam que a qualidade do produto aumenta e diminui as modificações quando o processo é focado para o cliente e envolvendo os fornecedores;

3) Aprendizado, decorrente da equipe de PDP ter contato nas diversas informações que proporcionam o conhecimento e habilidades diversificadas, que contribuem para resolução de problemas (TAKEUCHI E NONAKA,1986);

4) Redução no prazo de desenvolvimento, segundo Corrêa e Gianesi (1994) afirmam que este item envolve a concepção moderna do PDP e está relacionada na melhoria de comunicação para o desenvolvimento simultâneo do produto, contribuindo na redução de retrabalhos;

5) Flexibilidade, para Hauser e Clausing (1988), o sistema de PDP é realizado num ambiente integrado que fluem melhores alternativas para mudanças nos projetos conforme a necessidade do cliente;

6) Confiabilidade, conforme Tellis e Golder (1997), no PDP relaciona-se ao desempenho das funções sem ocorrência de falhas, advindo de medidas preventivas através de utilização de ferramentas e técnicas.

2.1.1 - Engenharia Simultânea

Rozenfeld *et al.*(2006) observam que "não se consegue tratar hoje de Engenharia Simultânea sem que seja considerada a visão de processo na sistematização do PDP". O termo "Concurrent Engineering" foi traduzido para o português por Engenharia Concorrente, Engenharia Paralela

ou Engenharia Simultânea. O nome, paralela ou simultânea, aparece como alternativa em substituir o processo seqüencial para processo simultâneo de forma integrada, resultando em redução de custos e prazos. Os agentes envolvidos quando se utiliza Engenharia Simultânea (ES) são conhecidos em inglês como 7Ts (Tasks, Teamwork, Techniques, Technology, Time, Tools e Talents), que significam: tarefa, equipe, técnicas, tecnologias, tempo, ferramentas e talento (PRASAD,1996).

A ES busca instrumentos e metodologias que permitem aos membros da equipe do processo o acesso compartilhado a informações atualizadas do mesmo, de modo que possam armazená-las e processá-las simultaneamente. Este acesso deve ser o mais livre possível de barreiras organizacionais ou geográficas, preservando os sigilos normais impostos pela dinâmica dos negócios (KRUGLIANSKAS, 1994).

Para Winner *et al.* (apud PRASAD, 1996), ES "é uma abordagem sistemática para o desenvolvimento integrado e paralelo do projeto de um produto e os processos relacionados, incluindo manufatura e suporte. Essa abordagem procura fazer com que as pessoas envolvidas no desenvolvimento considerem, desde o início, todos os elementos do ciclo de vida do produto, da concepção ao descarte, incluindo qualidade, custo, prazos e requisitos dos clientes". Ashley (apud PRASAD, 1996) confirma a abordagem sistemática que enfatiza o atendimento das expectativas dos clientes, incluindo valores de trabalho em equipes como confiança e compartilhamento para conduzir modificações durante todo o ciclo de vida do produto.

O conceito de ES tornou-se mais abrangente, podendo fazer o uso de métodos e sistemas integrados (ROZENFELD *et al*.,2006), como incluir a cooperação e o consenso entre os envolvidos no desenvolvimento, o emprego de recursos computacionais (CAD/CAE/CAM/CAPP/PDM) e a utilização de metodologias (DFx, QFD, FMEA, entre outras).

Conforme Kruglianskas (1992), Cleetus (1992), Hunt (1993), Hartley (1998), seguem-se algumas das principais características da ES: ênfase na satisfação do cliente, equipes multidisciplinares, autonomia das equipes, desenvolvimento simultâneo, líder para coordenar todo o processo de desenvolvimento de produto, padronização dos projetos, compartilhamento de informações, ferramentas informatizadas para agilizar os processos, práticas gerenciais e instrumentos para garantir a qualidade.

2.2 - QFD - Desdobramento da Função Qualidade

O QFD é um método específico de desenvolvimento, os quais, os produtos são baseados na exigência e satisfação do cliente, ou seja, seu principal objetivo é traduzir a linguagem dos clientes em pontos de melhoria nos produtos existentes ou criação de conceitos e características fortes na concepção de um novo produto (AKAO, 1990). Dentro dos atributos indicados na "voz dos clientes", de um lado apontam-se as pertinências do consumidor, e de outro, estão as percepções frente ao produto manufaturado (GENTO *et al*., 2001).

Segundo Ginn e Zairi (2005), a utilização da ferramenta QFD nas organizações fica evidente pelas atribuições dos seguintes benefícios: alta qualidade, custo reduzido, redução do tempo e avanço no mercado. Já no levantamento realizado por Akao (1990), os projetos para fabricação nas industrias japonesas apresentam: redução dos problemas iniciais, viabilidade de competição, transparência nos pontos de controle e comunicação efetiva entre os departamentos.

Poel (2007) destaca que a utilização do QFD está relacionada principalmente com as demandas dos consumidores, as quais determinam certas importâncias nas características do produto no projeto de desenvolvimento de produtos, conforme esboçado na Figura 1.

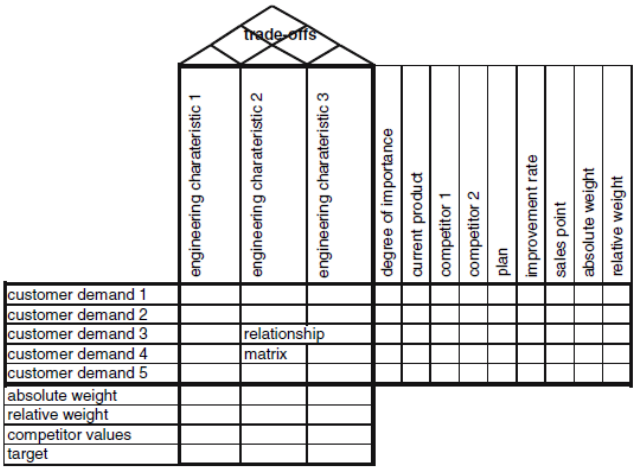


FIGURA 1 – Casa da Qualidade. Fonte: Poel (2007).

2.3 - Medidas de Desempenho

As métricas e mensuração de desempenho são elementos interligados e essenciais para traduzir a missão de uma organização ou traçar estratégia. Steven *et al.*(2004) definem que métrica é uma medida verificável, geralmente é expressa em termos significativos e deve ser ligada à forma como a operação de entrega de valor aos seus clientes-alvo; podem também ser relacionadas com os valores de outras partes interessadas no processo.

Conforme Neely (1999), a medição de desempenho é um dos métodos básicos que existe há muito tempo, e que foi utilizada pelas empresas como um recurso integrante no ciclo de planejamento e controle dos gestores. A partir de 1990, a medição de desempenho torna-se assunto de interesse pelos gestores e organizações. Neely (1999) argumenta as razões principais que levam a esta evidência:

1) Natureza mutável do trabalho: buscam-se métodos alternativos para o custo de produtos, devido às falhas no uso da forma tradicional através dos custos contábeis;

2) Aumento da concorrência: as organizações procuram diferenciar de seus concorrentes em termos de qualidade de serviço, flexibilidade, personalização, inovação e resposta rápida, e as medidas podem incentivar nas implementações das estratégias de desempenho dos negócios e no plano operacional para comunicação com seus colaboradores;

ISSN 1809-3957

3) Iniciativas específicas de melhoria: com o aumento da concorrência, aplicam-se melhorias nos produtos e nos processos da empresa, no uso de ferramentas como gerenciamento de qualidade total (TQM), produção enxuta, manufatura de classe mundial (WCM), e para isto a necessidade das medições.

4) Prêmios nacionais e internacionais: reconhecimento pelo desempenho do negócio, contribuição pela qualidade e confiabilidade do produto, e isso trouxe para a empresa o benefício da auto-avaliação e a importância de manter a estrutura concernente; no caso do Prêmio Deming exige-se a apresentação de dados minuciosas da empresa quanto a política, organização, informação, padronização, recursos humanos, garantia da qualidade, manutenção, melhorias, resultados e planos futuros. Existem prêmios nacionais e regionais, possibilitando a participação de empresas pequenas. Na essência, isto traduz a uma forma de desempenho empresarial.

5) Mudança das funções organizacionais: pela área da contabilidade é incentivar os seus membros a assumir um papel mais ativo no desenvolvimento de sistemas de medição equilibrada, fornecendo a informação necessária para a execução de um negócio, além das informações financeiras. Pelos gestores de recursos humanos, tender a ser parte integrante da gestão de desempenho e estabelecer metas de sistemas de medição, *feedback* e recompensa, e motivar pessoas para permanência após o programa de redução.

6) Mudanças nas demandas externa: para cumprir exigência de grupos ou órgãos reguladores introduz-se novas medidas de desempenho, que garanta forte ênfase na medição de desempenho de negócios da empresa, o qual o valor perante o cliente é fundamental e o fator que determina o sucesso a longo prazo está no investimento nas pessoas e relacionamento com fornecedores.

7) Força da tecnologia da informação: o avanço da tecnologia proporcionou facilidades e rapidez para obter dados e oportunidades para revisão dos mesmos e ações subseqüentes, além de possibilitar a análise e apresentação dos dados.

Steven *et al.*(2004) salientam que as métricas fornecem três funções básicas: controle para avaliar e controlar o desempenho dos recursos; comunicação, o qual bem concebidas e comunicadas, fornecem ao usuário a sensação de saber o que precisa ser feito; melhoria fornecendo informações e feedback que pode ser usado para identificar ajustes nos processos produtivos ou outras ações.

2.4 - Prestação de Serviço

A prestação de serviços é a realização de trabalho oferecido ou contratado, incluindo assessorias, consultorias e cooperação interinstitucional. Os serviços, segundo Kotler (1998), possuem quatro características principais que são:

1) Intangibilidade: os clientes não podem provar ou senti-los antes de comprá-los;

2) Inseparabilidade: existe uma simultaneidade entre a produção e o consumo dos serviços;

3) Variabilidade: existe uma grande variação na execução dos serviços, já que os mesmos podem ser prestados por várias pessoas diferentes;

4) Perecibilidade: os serviços não podem ser estocados.

Lovelock e Wright (2001) definem que o serviço é um ato ou desempenho oferecido por uma parte à outra. Embora o processo possa estar ligado a um produto físico, o desempenho é essencialmente intangível e normalmente não resulta em propriedade de nenhum dos fatores de produção, portanto, a qualidade de serviço é essencial à diferenciação do produto e para aumentar a fidelidade do cliente.

3 - Proposta conceitual de sistematização

Em vista de prestar serviço com qualidade ao cliente, necessita-se entender e focar nas necessidades, nos anseios do consumidor, e atendê-lo de forma a superar as suas expectativas esperados. Assim, Cobra (2000) enfatiza que para retenção do cliente, deve considerar a voz dele e oferecer-lhe um bom negócio. Portanto, para ouvir o cliente e inclusive o mercado, é preciso investir em pesquisas e atender de forma a agregar valor especial ao produto, pois o serviço é produto intangível e "só tem valor se o benefício for percebido e reconhecido" (COBRA,2000).

Conforme Baxter (2001), as origens das oportunidades de desenvolvimento de novos produtos encontram-se na demanda do mercado e oferta de tecnologia. Desta forma, Cheng e Melo Filho (2007) argumentam que os testes de mercado no lançamento ou aperfeiçoamento de produtos têm como pontos de métricas de desempenho os setores de satisfação do cliente, programa de marketing e previsão de vendas.

Neste contexto, a concepção do produto, relacionada à prestação de serviço, inicia-se na geração de idéias (KOTLER,2000), conforme ilustrada na Figura 2 item A. Baxter (2001) argumenta que na geração de idéias passam-se por conjunto de recomendações para estimular, analisar problemas e estruturar as atividades do projeto, onde pronunciam as regras básicas para o projeto sistemático, ou seja, de estabelecer metas para o desenvolvimento de novos produtos que devem ser: claras, concisas, específicas e verificáveis, com acompanhamento durante todas as etapas do processo de geração do produto, criatividade de outras novas idéias e seleção das melhores sugestões. Desta forma, este processo envolve-se no PDP integrado, o qual compreende as etapas de projeto de planejamento, pesquisa no mercado, projeto do produto, projeto de processo de fabricação e lançamento do produto. Estas etapas do PDP integram-se com atividades apoiadas nos princípios da ES em dar ênfase ao cliente através de desenvolvimento multidisciplinar e utilização de ferramenta e tecnologia.

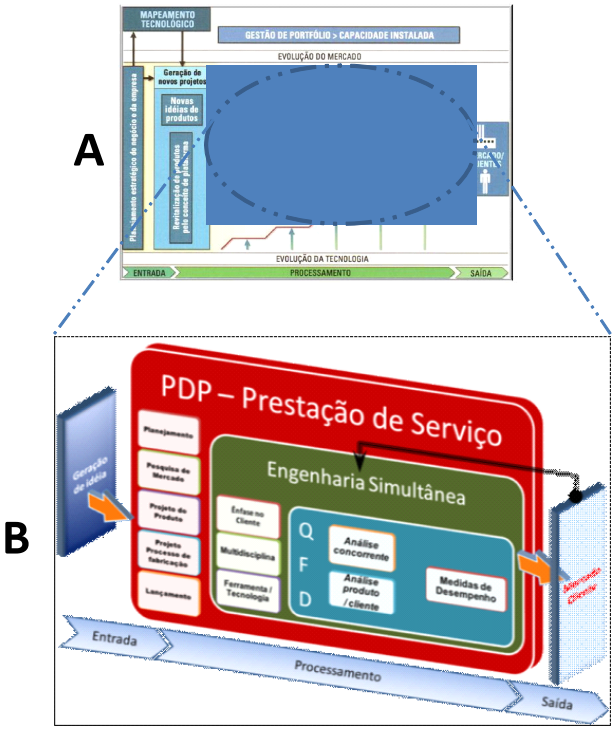


FIGURA 2 – Proposta Conceitual de Sistematização.
Fonte: Baseado em Cheng e Melo Filho (2008).

Aprofundando neste ambiente da ES, Cheng e Melo Filho (2007) descrevem que o método QFD induz à busca por "robustecimento" no desenvolvimento de produto, contribuindo para análise de concorrente, produto no mercado e a voz do consumidor, principalmente ao se vincular com as necessidades latentes e não declaradas do cliente, que resultam em melhorias no processo de desenvolvimento, decorrente a atender as exigências de qualidade dos clientes através de desdobramento da qualidade. Logo, segundo Ohfuji, Ono e Akao (1997), o QFD é um sistema para garantia da qualidade em produtos e serviços, abrangendo como ferramenta de comunicação e planejamento no processo e na estrutura do ciclo de PDP. Dentro da característica de qualidade do novo produto, Cheng e Melo Filho (2007) apontam os valores-metas de desempenho que preenchem o quadro na qualidade projetada e na matriz da qualidade, onde são definidas as especificações técnicas do novo produto que atendam às necessidades ou desejos do cliente, podendo ser conferida em "satisfação que consiste na sensação de prazer ou desapontamento resultante da comparação do desempenho (ou resultado) percebido de um produto em relação às expectativas do comprador." (KOTLER, 2000).

Segundo Kennerley e Neely (2003), a fundamentação do sistema de medição de desempenho está diretamente interligado em três elementos inter-relacionados: medições individuais que quantificam as ações de forma eficiente e eficaz; estabelecer medidas combinadas para avaliar o desempenho das empresas como um todo; infra-estrutura que habilite os dados na aquisição, coleta, selecionar, analisar, interpretar e disseminar. A partir desses requisitos, os sistemas desenvolvidos passam pelas fases de utilização, reflexão, modificação e desdobramento, onde sofrem influencias internas e externas, conforme representado na Figura 3.

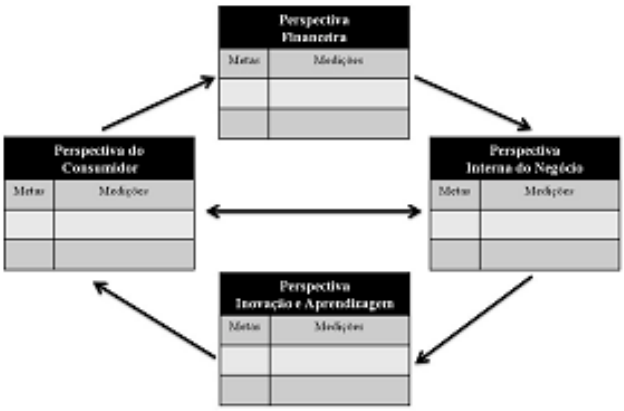


FIGURA 3 - Framework dos fatores que influência a evolução do Sistema Medição de Desempenho
Fonte: Adaptado de Kenenrley (2003).

Entre muitas ferramentas de medição de desempenho desenvolvidas, destaca-se o Balanced Scorecard (BSC). Segundo KAPLAN (1991), o BSC compreende a análise dos desempenhos financeiros relatando os resultados e ações a serem tomadas, além da medição do desempenho operacional, que foca na satisfação dos consumidores, nos processos internos e na melhoria contínua organizacional. O sistema é desenvolvido pelas seguintes perspectivas: Consumidor ("como os consumidores nos enchergam?"); Interna ("o que teremos que superar?"); Inovação e Aprendizagem ("podemos continuar melhorando e agregando valor?"); Financeira ("que impressão tem nossos acionistas da corporação?"). Tais critérios foram estruturados de acordo com a Figura 4.

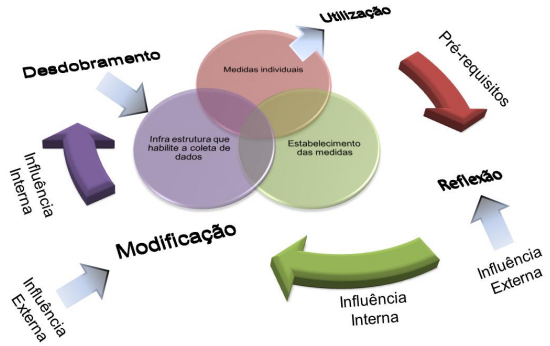


FIGURA 4 – The Balanced Scorecard Links Performance Measures.Fonte: Adaptado de Kaplan (1991).

Ampliando a utilização das medições, Deschamps e Nayak (1997) direcionam as medidas de desempenho para as

ISSN 1809-3957

competências gerenciais, que envolvem: estratégias de desenvolvimento e planejamento de produtos, recursos, tecnologia, projetos, suporte ao produto, criatividade e conhecimento. Sendo assim, atribuem-se para "*Measurement System Analysis*", a Análise dos Sistemas de Medição (MSA), identificado na Figura 2 item B, o qual, o objetivo é aferir um sistema de aquisição de dados (ROZENFELD *et al.*,2006), isto é, utilizam-se técnicas estatísticos para verificação e avaliação de medições repetitivas realizando: tendência ou exatidão de desvio entre a média observada nas medições e o valor especificado; estabilidade da variação total das medições realizadas como o sistema de medição e linearidade que são a diferença entre os valores de tendência ao longo da faixa de operação. Logo, para aplicação do MSA, selecionam-se as características a serem medidas, os tipos de instrumentos de medição e operadores com devido treinamento de medição; em seguida realizam-se experimentos para avaliar as seleções. Steven *et al.* (2004) complementam que a métrica pode ser usada para avaliar o desempenho e os resultados para prever futuros desempenhos.

Para Parasuraman *et al* (1988) promover uma mensuração geral da qualidade de serviço, desenvolveram a escala "SERVQUAL" para mensurar as percepções dos clientes, ou seja, a qualidade percebida sobre os serviços. Explicam, ainda que, a qualidade percebida "é uma forma de atitude relacionada, mas não equivalente à satisfação e que resulta de uma comparação das expectativas com as percepções de desempenho do serviço". Quanto a escala, é multidimensional e padronizada, aplicável nas áreas de serviços para avaliar a qualidade e constitui cinco tipos da qualidade de serviço, apresentada na Tabela 2.

Características	Descrição	Comentários
Confiabilidade	"A capacidade de prestar o s erviço prometido de modo confiável e com precisão".	Consiste em fazer bem o serviço já na primeira vez, para que não seja necessário refazê -lo e o que é pior, deixar de atender o cliente em suas expectativas em relação ao serviço prestado
Tangível	"A aparência física das instalações, equipamento, pessoal e materiais de comunicação".	Já que "medir" a qualidade de um serviço é intangível , é necessário utilizar meios tangíveis para que se possa avaliar a "qualidade" que será percebida ou não pelo cliente.
Sensibilidade	"A disposição para ajudar o cliente e proporcionar com presteza um serviço."	Está relacionada diretamente à atuação humana, mesmo que o serviço exija pouca interação entre clientes e pessoal da empresa (mas, eles irão se tornar serviços de "mu ito contato" quando surgirem problemas).
Segurança	"O conhecimento e a cortesia de empregados e sua habilidade em transmitir confiabilidade."	O que dá mais insegurança ao cliente em relação à prestação de serviços é justamente a hora de se obter informa ções: cada funcionário diz coisas diferentes dos outros, (acarretando falta de confiabilidade ao cliente).
Empatia	"A atenção e o carinho individualizados proporcionados aos clientes".	O prestador de serviços deve se colocar no lugar do cliente e não esq uecer que "cada caso é um caso", tentando não generalizar todas as situações – visto que os clientes não são iguais aos outros.

TABELA 2 - Dimensões da qualidade percebida

Fonte: Adaptado de Berry e Parasuraman (1992)

Neste aspecto para mensuração, pode-se atribuir indicadores de medição e aplicados no desdobramento da qualidade – QFD para verificar e avaliar através das medições no sentido de melhorar, ou ainda, segundo Steven *et al*.(2004), existem as métricas preditivas que estão associadas aos aspectos do processo que fornecem resultados de interesse, e são adequadas para prevenir algum problema ao invés de corrigir após a ocorrência. A combinação entre os atributos podem fornecer quatro tipos distintos de métricas: resultado financeiro, financeiro; preditiva, operação; resultado, operacional e preditiva. Steven *et al*.(2004) salientam que para cada atividade, produto, função ou relação, diversas métricas podem ser desenvolvidas e implementadas; desta forma, o desafio é criar uma estrutura para as métricas e extrair um sentido geral de desempenho dos mesmos.

Para aplicação do QFD, Manzur (1999) apresenta na Tabela 3 as fases de desdobramentos que simplificam na área de serviços e podem ser aplicados paralelamente com MSA, onde comentam Steven *et al*.(2004) que dentro de diferentes propostas de desenvolvimento de sistemas incluem: (1) o balanced scorecard, (2) modelo Dupont e (3) Teoria das restrições; mesmo estes grandes sistemas apresentam pontos fortes e fracos, por isso, para o sistema de medição de desempenho deve coordenar e gerir o desenvolvimento das várias métricas individuais e os conjuntos de métricas.

Desdobramento	Característica para função qualidade
Cliente	Determinar os clientes e local do serviço que são pontos críticos para o sucesso.
Voz do Cli ente	Entender as necessidades reais do cliente através de análise e de pesquisa de mercado
Qualidade	Priorização das necessidades do cliente em requisitos de demanda mensuráveis
Função	Identificar e priorizar os requisitos de demanda e novas atividades
Confiabilidade	Identificar e prevenir os pontos críticos do processo
Novo Processo	Conceber e escolher meios alternativos para descrever a função acima
Tarefa	Detalhamento da tarefa, dos responsáveis e desempenho exigida
Padronização	Descrição do serviç o e operações para padronizar os procedimentos e manter os ganhos

TABELA 3 – Fases no QFD em serviços

Fonte: Adaptado de Mazur (1999).

4 – Discussão na verificação do modelo conceitual desenvolvido

Abre-se uma discussão do modelo conceitual desenvolvido para averiguar as idéias levantadas e propostas, as quais foram verificadas, de modo comparativo, no processo de uma empresa multinacional, hoje com 3 unidades no Brasil e prestam serviços de injeção de plástico de peças automobilísticas. Neste segmento de peças automobilísticas, a empresa é referência no mercado devido a qualidade do que produz e a eficiência no atendimento, assim, conquistaram prêmios como da montadora Toyota de "*Logistic Achievement Performance Certificate*", "*Cost Achievement Performance Certificate*" e "*Quality Achievement Performance*". Para prestar o serviço, a empresa possui máquinas injetoras de plástico de porte médio e grande, de marcas variadas, que utilizam moldes, os quais são ferramentais de propriedades do cliente para produzir peças. Muitos destes moldes foram desenvolvidos no exterior e outros têm o acompanhamento da equipe de projetos de desenvolvimento da empresa. As matérias primas, os grânulos de plástico, também são fornecidas pelo cliente.

O modelo conceitual acompanhou em paralelo o processo do serviço, isto é, enquanto se executavam os procedimentos atuados na empresa, foram também

equiparadas para comparar com os conceitos e etapas dispostos no modelo proposto.

Os controles de produção e logística da empresa seguem os métodos e conceitos do Sistema Toyota de Produção. As atividades de serviços na empresa iniciam-se com o recebimento do molde, que passa por *try-out*, processos de fabricação e finaliza com a entrega das peças ao cliente. As etapas dos serviços, hoje existentes, foram definidas e ajustadas conforme as ocorrências de problemas ou comparações entre moldes de outros serviços prestados, os quais resultaram históricos que favoreceram nas mudanças e adequações dos processos e padronização do serviço. Estes processos de serviços passam por constante programa de melhorias de qualidade e redução de custos, envolvendo os departamentos de qualidade, ferramentaria, produção e manutenção. Assim, encontra-se o ambiente da ES que garantem o serviço prestado, atendendo as necessidades e exigências do cliente com preço e qualidade para concorrer no mercado.

Todos os ferramentais passam por *try-out*, onde ocorrem a verificação básica e o teste na injetora para obter do cliente o Processo de Aprovação de Peças de Produção – PAPP. A verificação básica compreende atividades de vistoria no molde, como os testes de contato de superfície, verificação da passagem de água para refrigeração e medições de algumas partes internas. Em seguida, o molde é instalado na máquina injetora para configuração de operação e também, os testes de verificação nas peças produzidas, as quais todas as operações e medições são anotadas e averiguadas se estão conforme os parâmetros exigidos do cliente. Esta fase dá-se o devido apreço quanto a temperatura, dosagem do material, pressão e resfriamento, pois podem ocorrer problemas nas peças como encolhimento (rexupe), empenamento, deformação e outros. Quanto a configuração da injetora, são visto a capabilidade e repetitibilidade da máquina de produzir continuamente, sem ocorrência de alterações nas peças, que são verificadas através da massa da peça. Nesta passagem pelo *try-out*, a empresa procura executar em menor tempo para obter o PAPP, e também para apresentar o desempenho do serviço e do funcionamento da injetora ao cliente. As informações das operações e configurações da máquina proporcionam o funcionamento estável do molde específico na injetora, que são utilizadas, mais tarde, para ajustar outras atividades, principalmente na otimização do tempo, em casos de prestar o mesmo serviço. Ou ainda, para aperfeiçoar o processo para novos serviços.

Desta forma, percebe-se que todo o processo de serviço está em constante melhoria, consistindo as avaliações do desempenho das máquinas e dos departamentos envolvidos, por sua vez, compara-se às métricas preditivas que Steven *et al*.(2004) havia mencionado, os quais contribuem no aprendizagem do processo, nas manutenções preventivas relacionadas às injetoras e planejamento para alcançar novas metas.

O modelo conceitual, de sistematizar um conjunto de ferramentas e métodos de processo integrado de desenvolvimento de produto para concepção do serviço, abrange as principais etapas das atividades, em vista de satisfazer o cliente através do estudo e análise das necessidades e desejos do cliente no atendimento. Nesta tentativa, os resultados esperados na verificação deste modelo concentram-se em encontrar um produto ao cliente que atenda, a princípio, ao menos, as principais exigências, e assim, dar a continuidade através da avaliação para melhorar o modelo, implementando adequação e ajustes como formular, alinhar ou refinar os indicadores de medidas de desempenho para incrementar na MSA. Além disso, é observado nos clientes, os potenciais de problemas e falhas que os produtos podem apresentar, e para isso, há possibilidade de incluir ou compor no desdobramento do QFD, juntamente com as medidas de desempenho para a busca de soluções ou melhorias.

A verificação do modelo conceitual, de forma comparativa, foi possível devido a empresa autorizar a observação no processo de seus serviços e ter históricos e medições de desempenho operacional, os quais são informações que utilizam para estratégias ao processo. A este fato, reforça ao modelo conceitual que as medições de desempenho contribuem na avaliação do serviço prestado e, as informações geradas transcrevem a evolução do processo ao longo do tempo, acumulando experiências e aprendizado à equipe multidisciplinar. Destaca-se também, a aplicação da ferramenta QFD no modelo conceitual, pois se percebe no processo da empresa, o objetivo de seguir rigorosamente os parâmetros exigidos do cliente, cujas informações expressas são convertidas em itens do desdobramento de qualidade.

5 – Conclusao

Este estudo é uma proposta, no qual se busca o modelo para concepção de prestar serviço ao cliente conforme suas expectativas utilizando o PDP integrado. Embora apresente um modelo conceitual que direcione a entrada, processo e saída, podem-se constar, durante esta orientação, as informações para inovação do produto ou aplicação de novas estratégias.

Percebe-se, com a aplicação do QFD e medições de desempenho, muitas informações são qualitativas por parte dos clientes e transformadas em quantitativas no processo. Sendo assim, Steven *et al*.(2004) mencionam que os gestores de topo normalmente são interessados no resultado financeiro e os gestores das operações têm interesses na exploração ou previsão operacional que são os resultados de métricas. Portanto, pode-se atribuir no modelo conceitual, as métricas individuais, os conjuntos de métricas e os sistemas de medição de desempenho global. Também, Steven *et al*.(2004) comentam das métricas que motivam e orientam, e são objetos que permitem gerenciar e dirigir as atividades de seus diversos agentes funcionais, por isso, para definir métricas, atribui-se certa complexidade, uma perspectiva teórica de processamento de informação, que estimula a investigação sobre questões relacionadas com o tamanho ideal de um conjunto de métricas, ou talvez a melhor combinação de resultados e métricas de previsão incluída no

conjunto; e assim, fortalecendo os resultados do modelo conceitual no processo de desenvolvimento integrado de produto.

Em relação à limitação no estudo, o modelo proposto está orientado para prestação de serviços entre empresas, onde as etapas de orçamento e pedido foram negociadas anteriormente e, cumprem contratos formalizados para fornecimento, sendo assim, a demanda dos pedidos são previsíveis. Por isso, para estudo futuro, sugere-se a aplicação do método estudo de caso e integrando outras áreas como administrativas e vendas. Juntamente, complementar no modelo, os conceitos de Deming, o PDCA, para estruturar o processo de desenvolvimento de forma cíclica. Ou ainda, acrescentar juntamente no quadro da ferramenta QFD, o FMEA para soluções de falhas nos serviços.

6 – Referências Bibliográficas

Akao, Yoji. **Quality function deployment: integrating costumer requirements in product design**. Krauss Productivity Organization, Ltd. New York, 1990.

Back, Nelson; Ogliari, André; Dias, Acires; Silva, Jonny Carlos da. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. Barueri, SP: Manole, 2008.

Baxter, Mike. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos**; tradução Itiro Iida. – 2.ed.rev. – São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

Berto, Rosa Maria Villares De Souza; Nakano, Davi Noboro. **Metodologia da Pesquisa e a Engenharia de Produção.** Rio de Janeiro: ENEGEP, 1998. Disponível: http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1998_ART174.pdf

Berry, Leonard L.; Parasuraman**, A. Serviço de Marketing, Competindo Através da Qualidade.** Maltese: São Paulo, 1992.

Cheng, Lin Chih; Melo Filho, Leonel Del Rey de. **QFD: Desdobramento da função qualidade na gestão de desenvolvimento de produtos.** São Paulo: Editora Blücher, 2007.

Clark, Kim.B.;Fujimoto, Takahiro. **Product development performance: strategy, organization, and management in the world auto industry.** USA, Boston: Harvard Business School Press, 1991.

Cleetus, K.J. **Definition of concurrente engineering. Concurrent Engineering Research Center** – technical report. Morgantown, WV: West Virginia University, 1992.

Cobra, Marcos. **Marketing de Serviço Financeiro.** São Paulo: Cobra, 2000.

Corrêa, H. L; Gianesi, I. G. N. **Administração estratégica de serviços: operações para satisfação do cliente**. São Paulo: Atlas, 1994.

Deschamps, Jean-Philippe; Nayak, P. Ranganath. **Produtos irresistíveis: como operacionalizar um fluxo perfeito de produtos do produtor ao consumidor.** São Paulo: Makron Books, 1997.

Fleury, Afonso. Planejamento do projeto de pesquisa e definição do modelo teórico. In: **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operação** – Paulo Cauchick Miguel(organizador). Rio de Janeiro: Elsevier, cap.2. p.31-44, 2010.

Gento, A.M; Minambres, M.D; Redondo, Alfredo; Peres, M.E. **QFD Aplication in a service environment: A new Approach in risk management in a university**. Operacional Research. An International Journal, Volume 1, Number 2, 2001.

Ginn, David.;Zairi, Mohamed. **Best practice QFD application: an internal/external benchmarking approach based on Ford Motors' experience.** International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 22 Iss: 1, pp.38 – 58, 2005.

Griffin, Abbie; Page, Albert L. **PDMA success measurement project: recommended measures for product development success and failure.** J. Prod. Innov. Manag, New York, n. 13, p. 478-496, 1996.

Hartley, J.R. **Engenharia simultânea.** Porto Alegre: Bookman, 1998.

Hauser, J. R.; Clausing, D. **The house of quality**. Harvard Business Review, p.63-73, mai./jun. 1988.

Hunt, V.D. **Reengineering: leveraging the Power of integrated product development**. Essex Junction, Oliver Wight, 1993.

Kaplan, Robert S.; Norton, David P. **The Balanced Scorecard – Measures that drive performance**. Harvard Business Review, p.71-79, Jan./Feb 1991.

KENNERLEY, Mike; NEELY, Andy. **Measuring performance in a changing business environment.** International Journal of Operations & Productions Management, p. 213-229. Vol. 23 No. 2, 2003.

Kruglianska, I. **Engenharia Concorrente: organização e implantação em empresas brasileiras**. In: Simpósio De Gestão Da Inovação Tecnológica (XVII.: São Paulo: 1992). Anais. São Paulo, 1992.

Kruglianska, I. **Estratégia empresarial para a compressão do ciclo de vida de projetos: engenharia simultânea e técnicas associadas.** In: Simpósio De Gestão Da Inovação Tecnológica (XVIII.: São Paulo: 1994). Anais. São Paulo, 1994. P.853-872.

Kotler, Philip. **Administração e Marketing: Análise, planejamento, implementação e controle.** 5. ed. Atlas: São Paulo, 1998.

Kotler, Philip. **Administração de Marketing**. Tradução Bazán Tecnologia e Lingüística. 10ª ed. São Paulo: Prentice Hall, 2000.

Lovelock, Christopher; Wright, Lauren. **Serviços:Marketing e Gestão**. Saraiva. São Paulo, 2001.

Mazur, Glenn H. **Service QFD: State of the Art Update**. In: 5th International Symposium on Quality Funcion Deployment. Anais. Belo Horizonte: UFMG, 1999.p. 39-46.

Martins, Roberto Antonio. Abordagens Quantitativa e Qualitativa. In: **Metodologia de pesquisa em**

engenharia de produção e gestão de operação – Paulo Cauchick Miguel(organizador). Rio de Janeiro: Elsevier, cap.3,p.45-61,2010.

Neely, Andy. **The performance measurement revolution: why now and what next?** International Journal of Operations and Production Management, Vol. 19 No. 2, pp. 205-228, 1999.

Ohfuji, Tadashi; Ono, Michiteru; Akao, Yoji**. Métodos de Desdobramento da Qualidade.** Tradução de Zelinda Tomie Fujikawa. Belo Horizonte, MG: Fundação Chistiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1997.

Parasuraman, A.; Zeithaml Valarie A.; Berry, Leonard L. **A Conceptual Model of Service Quality and Its Implications for Future Research**, Journal-of-Marketing, Vol.49 (Fall 1985) pp.41-50.

Poel, Ibo van de. **Methodological problems in QFD and directions for future development**. Research in Engineering Design, New York, v. 18, n. 1, 21-36, 2007.

Prasad, B. **Concurrent engineering Fundamentals: integrated product and process organization**. New Jersey, Prentice Hall, 1996.

Prasad, B. **Concurrent engineering fundamentals: integrated product development**. v. 2. New Jersey: Prentice Hall, 1997.

Rozenfeld, H.; Forcellini, F.; Amaral, D.; Toledo, J.; Silva, S.; Alliprandini, D.; Scalice, R. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos, uma referência para melhoria do processo.** Saraiva: São Paulo, 2006.

Steven A.; Melnyk, S.A.; Stewart, D.M.; Swink, M. **Metrics and performance measurement in operations management: dealing with the metrics maze**, Journal of Operations Management, Vol. 22 No. 3, pp. 209-217, 2004.

Takeuchi, Hirotaka And Nonaka, Ikujiro. **The New Product Development Game**.Harvard Business Review, 1986, January-February: p. 137-146.

Tellis, Gerard; Golder, Peter. **First to market, first to fail? Real causes of enduring market leadership**. Sloan Management Review, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, USA, v. 4, n.5, p. 49-65, 1997.

Copyright

O autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(eis) pelo conteúdo impresso neste artigo.