REVISTA

SOLUÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO PAÍS

VOLUME 5 - N° 56 - Agosto / 2010
ISSN - 1809-3957

ARTIGOS PUBLICADOS

PUBLICAÇÃO MENSAL

Nesta edição

ANÁLISE DO RENDIMENTO TÉRMICO DO AQUECEDOR SOLAR PARABÓLICO CILÍNDRICO – Sergio Ricardo de Mattos, Teófilo Miguel de Souza..... 2

DISPONIBILIDADE SOLAR NA CIDADE DE GUARATINGUETÁ - T. M. Souza, J. I. Akamatsu, F. E. Silva, L. Paula..... 8

DESENVOLVIMENTO DE MÉTODO PARA CÁLCULO DE DISPONIBILIDADE EM PLANTAS INDUSTRIAIS - T. Capellato e T. M. Souza 14

ISSN 1809-3957

Atendimento:

contato@sodebras.com.br

Acesso:

http://www.sodebras.com.br

Revista SODEBRAS – Volume 5 – n° 56 – agosto / 2010

ANÁLISE DO RENDIMENTO TÉRMICO DO AQUECEDOR SOLAR PARABÓLICO CILÍNDRICO

ISSN - 1809-3957

S. R. Mattos, Mestrando, Prof. T. M. Souza

Resumo — O aquecedor solar parabólico cilíndrico (ASPC) usado para a geração de vapor e aquecimento de água figura entre os preferidos coletores solares utilizados para essa finalidade devido a sua facilidade de trabalhar em altas temperaturas com boa eficiência térmica. Este artigo apresenta as análises já realizadas e a possibilidade de monitorarmos a quantidade de vapor produzido ou de água aquecida neste equipamento, através de um sistema de aquisição de dados, visando melhorar sua performance e os custos de produção.

Palavras-chave: aquecedor, calor, cilíndrico, coletor, energia, força, luz, parabólico, radiação, Solar, vazão.

I. NOMENCLATURA

ASPC = Aquecedor solar parabólico cilíndrico
Kg = kilograma
°C = Grau Celsius
DIA. = diâmetro
m2 = metro quadrado
mm = milímetro
Rads = radiação solar
Tamb = temperatura ambiente
Tent = temperatura entrada
Tsai = temperatura de saída
Umid = umidade
Vvent = velocidade do vento

II. INTRODUÇÃO

Um conjunto de aquecedores parabólicos alcançam facilmente temperaturas superiores á 300°C [5], sem danificarem os equipamentos. O aproveitamento da energia solar ocorre por meio de concentradores solares, cuja finalidade é captar a energia solar incidente numa área relativamente grande e concentrá-la numa área muito menor, de modo que a temperatura desta última aumente substancialmente. A superfície refletora (espelho) dos concentradores tem forma parabólica ou esférica, de modo que os raios solares que nela incidem sejam refletidos para uma superfície bem menor, denominada foco, onde se localiza o material a ser aquecido.

O modelo atual tem as principais dimensões descritas na tabela 1:

TABELA I
DIMENSIONAL DO GABARITO (DIA. ¼")

Item	Dimensão
Área do Coletor	3.74 m2
Área do tubo (4x)	0.21 m2
Comprimento ASPC	2929 mm
Comprimento do tubo	2774 mm
Diâmetro do tubo	Dia. 1/4"
Peso estimado ASPC	115 Kg

Fig. 1 Foto do Aquecedor parabólico Cilíndrico (ASPC) do Centro de Energias renováveis da FEG-UNESP em Guaratinguetá – SP

III. DESCRIÇÃO DO AQUECEDOR SOLAR PARABÓLICO CILÍNDRICO ASPC

Este aquecedor solar é constituído de uma estrutura metálica em tubos de aço, com um revestimento externo metálico e outro revestimento interno em chapa revestida de polietileno reflexivo. Esta chapa tem o formato de uma parábola, com o foco em 0,6 metros de comprimento, por onde passa um feixe de tubos (cobre) na proximidade do foco da parábola. Montado sobre rodas giratórias, as quais facilitam o seu deslocamento, também temos um mecanismo de rastreamento solar que regula a inclinação da parábola [2], para se obter a melhor incidência dos raios solares.

Um reservatório d'água com a capacidade de 500 litros alimenta a entrada da serpentina e um termômetro instalado na saída da serpentina faz a leitura das temperaturas durante a execução do experimento.

O feixe de tubos de cobre está disposto paralelamente ao foco da parábola com uma proteção de vidro protegendo estes de possíveis rajadas de vento. A radiação solar é refletida pela placa interna do gabarito e atinge a parede do tubo de vidro, e este com uma alta taxa de emissividade, faz com que a convecção gerada aqueça a parede externa dos tubos, e conseqüentemente por condução irão aquecer a fluído interno.

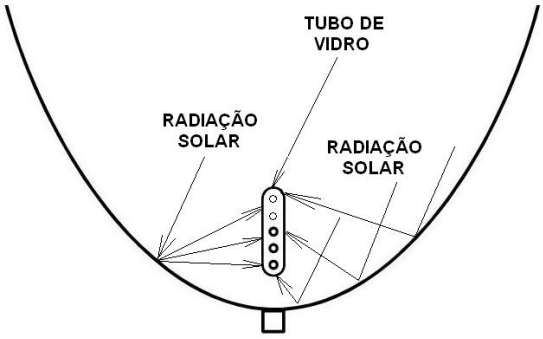


Fig. 2 Desenho esquemático da parábola do ASPC

IV. ENSAIOS REALIADOS COM O ASPC

Nos experimentos que, neste ano, já foram realizados com este modelo de aquecedor solar, conseguimos atingir facilmente elevadas temperaturas, antes mesmo de um determinado período do dia, quando tínhamos a expectativa era de se obter altos índices de radiação e, conseqüentemente, as esperadas temperaturas. Mas, como visto, conseguimos altos índices de radiação logo após o amanhecer do dia. A tabela abaixo mostra quatro experimentos feitos e as temperaturas alcançadas:

TABELA 2
TEMPERATURAS OBTIDAS NO ENSAIO COM O ASPC

Data	Horário	Temp. Ambiente ℃	Temp. Alcançada ℃	Clima Do dia
20/11	10h35min	20 a 29	95,5	Ensolarado
25/5	15h15min	22 a 27	70	Ensolarado
7/4	13h50min	20 a 25	65	Entre nuvens

V. FATORES QUE INFLUENCIAM NO RENDIMENTO TÉRMICO

A capacidade da geração de vapor e de produção de água quente neste tipo de aquecedor solar depende principalmente das condições climáticas da região. A vazão para alimentar o sistema e a melhor eficiência térmica do ASPC, podem ser ajustadas. A análise do melhor rendimento térmico deste tipo de aquecedor solar será feita da seguinte maneira:

- variando a dimensão de alguns componentes;
- melhorando o sistema de rastreamento solar;
- controlando as vazões máxima;
- monitoramento constante dos dados coletados;

Com essa otimização, obteremos uma melhor performance do nosso modelo, um ganho significativo de peso e, conseqüentemente, do custo de fabricação. Desta maneira, a criação de um conjunto de ASPC para a geração de vapor ou para a produção de água quente se torna viável economicamente.

VI. PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO DO ASPC

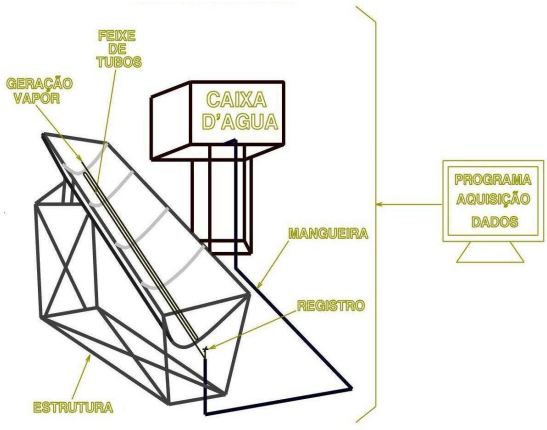


Fig. 2 Desenho esquemático da otimização do ASPC

Um software de aquisição de dados (DATACOOL) e uma mini-estação meteorológica irão coletar os principais parâmetros e dados do experimento, como por exemplo: temperatura de entrada, temperatura saída, temperatura ambiente, Radiação solar, umidade relativa, velocidade do vento. Esses dados armazenados em pastas nos possibilitam a criação de gráficos, tabelas ou planilhas, sabendo o rendimento térmico máximo alcançado pelo modelo.

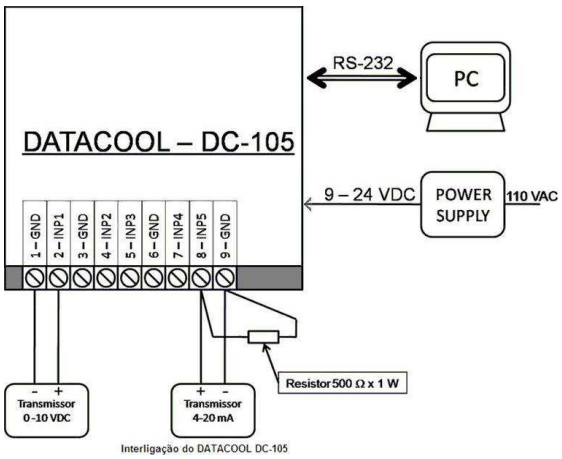


Fig. 3 Desenho esquemático do software

TABELA 4
MODELO DOS DADOS MONITORADOS PELO SOFTWARE

MÊS						
Horário	Tamb	Tent	Tsai	Rads	Umid	Vvent
06:00						
07:00						
08:00						
09:00						
10:00						
11:00						
12:00						
13:00						
14:00						
15:00						
16:00						
17:00						
18:00						
19:00						

Logo após o final desta análise, começaremos a variar certas dimensões para obtermos um melhor rendimento térmico, maior ou igual aos valores alcançados no modelo atual.

VII. PROPOSTA DE VARIAÇÃO DAS DIMENSÕES DO ASPC

As dimensões e localizações a serem alteradas para a obtenção de um melhor rendimento térmico do modelo atual, serão a variação no:

- diâmetro da tubulação de 1/4” para 3/8” e para 3/4”,
- comprimento da placa refletora do gabarito,
- comprimento da parábola,
- posicionamento do feixe de tubos,

As tabelas subseqüentes estão identificadas em função do diâmetro que será utilizado na obtenção do modelo mais eficiente.

TABELA 2
DIMENSIONAL DO GABARITO (DIA. 3/8”)

Item	Dimensão
Área do Coletor	3.74 m^2
Área do tubo (4x)	.345 m^2
Comprimento do ASPC	2930 mm
Comprimento do tubo	2775 mm
Diâmetro do Tubo	3/8"
Peso do ASPC	118 Kg

TABELA 3
DIMENSIONAL DO GABARITO (DIA. ¾ ”)

Item	Dimensão
Área do Coletor	3.74 m^2
Área do tubo (4x)	1.25 m^2
Comprimento do ASPC	2930 mm
Comprimento tubo	2775 mm
Diâmetro do Tubo	3/4"
Peso do ASPC	117Kg

VIII. CONCLUSÃO DA ANÁLISE TÉRMICA DO ASPC

Finalmente, com a variação desses valores e com os dados coletados pelo sistema de aquisição de dados, determinaremos qual configuração proporcionou o melhor rendimento térmico para o ASPC.

IX. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HIRSCH, T.; ECK, M.; STEINMANN, W. D. *Simulation of transient twophase flow in parabolic trough collectors using Modelica*. Int.

Modelica Conference, Hamburg, Germany, pp. 403–412, nov/2005.
ODEH, D. S.; MORRISON, L, G,; BEHNIA, M. *Modelling of parabolic through direct steam generation solar collectors.* Solar Energy, Sidney, Australia, v.62, n.9, pp. 395-406, feb. 1998
AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *Atlas de energia elétrica do Brasil*. 3°ed. Brasília: Aneel, 2008. 236p.)

X. PERIÓDICO E ARTIGO CITADO

[1] Aprelini, Luiz Fernando (Mestrando) - Prof. Dr. Teófilo Miguel Souza
[2] SOTERIS, K.; STEPHEN, L.; and JOHN, W.; Modeling, Optimization and performance evaluation of a parabolic trough solar collector steam generation system.

Sérgio Ricardo de Mattos Nasceu em Jacareí – SP, é técnico em mecânica e graduado em engenharia mecânica na Universidade de Mogi das Cruzes - SP. Desde o início da carreira vem trabalhando na área técnica mecânica, passando por várias empresas, tais como, Embraer, MWM motores, Parker, Kaiser, Petrobrás e como professor titular da escola técnica ETEP. Atualmente presta serviços como engenheiro de manual de manutenção, sendo que o principal campo de atuação é o desenvolvimento e melhoria de novos produtos. É mestrando em engenharia mecânica da FEG – UNESP, Guaratinguetá-SP.

Revista SODEBRAS – Volume 5 – n° 56 – agosto / 2010

DISPONIBILIDADE SOLAR NA CIDADE DE GUARATINGUETÁ

ISSN - 1809-3957

T. M. Souza, J. I. Akamatsu, F. E. Silva, L. Paula

Abstract **—**Este artigo trata sobre o estudo do aproveitamento da energia solar na cidade de Guaratinguetá, na região do Vale do Paraíba, em São Paulo. Com o objetivo de analisar o comportamento das taxas de radiação solar na superfície, foram coletados dados históricos que compreendem o período de novembro de 2002 a março de 2009 através de medidas realizadas por estações metereológicas do CPTEC-INPE e também medidas realizadas pelos pesquisadores, com o auxilio de um aparelho medidor de radiação a fim de constatar estas taxas em dias de Sol intenso e em situação de chuva. Com estes dados chegou-se então a uma provável distribuição climática onde se pôde sugerir uma porcentagem de dias do ano com maiores e menores intensidades. Espera-se que este trabalho possa auxiliar futuros estudos relacionado ao tema quando se procura realizar um levantamento da disponibilidade solar na cidade e também em outras localidades.

Palavras-chaves: radiação solar, energia solar, fontes renováveis de energia, conversão de energia

I. SIGLAS

GTES – Grupo de Trabalho sobre Energia Solar.
CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica.
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina.
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos.

II. INTRODUÇÃO

A radiação solar tem sido uma grande promessa para o aproveitamento energético neste inicio de século, visto que a produção de energia em larga escala tem trazido problemas para o meio ambiente. Aliado este fato, as fontes mundiais de obtenção de energia primária são predominantemente oriundas de recursos não renováveis, e o seu prazo de esgotamento é incerto.

Diversos estudos apontam à necessidade de se diversificar a matriz energética mundial [1]-[2] e, neste sentido, utilizar recursos renováveis aparece no primeiro plano das opções para se mitigar os impactos ambientais e também contribuir na preservação de recursos esgotáveis.

Aproveitar a energia do Sol, mesmo que indiretamente, é um processo que a Humanidade sempre recorreu. Na verdade, num contexto mais amplo, o Sol é o principal responsável por toda a energia que a Terra acumulou, durante bilhões de anos, sendo ela armazenada tanto na superfície, na forma de bioma, quando contribuindo para a composição dos recursos naturais.

A compreensão de como utilizar este recurso, seja ele para o aproveitamento térmico ou geração de eletricidade já são tecnologias bastante estudadas, porém, para a elaboração de projetos e equipamentos, analisar como as taxas de radiação variam de acordo com as épocas do ano são imprescindíveis para garantir o mínimo de energia necessária para tais aplicações. Esta possível distribuição da intensidade foi então o principal objetivo aqui trabalhado no intuito de fornecer dados mais precisos sobre a região estudada.

III. BREVE HISTÓRICO SOBRE AQUISIÇÃO DE DADOS DE RADIAÇÃO SOLAR

Na antiguidade os povos já vinham observando que a temperatura média na superfície e a taxa de radiação solar (mesmo não tendo conhecimento direto sobre o real significado dos conceitos físicos envolvidos) variavam de acordo com determinados períodos do ano, o que afetava diretamente na produção de alimentos para a subsistência.

Os povos antigos imaginavam que o movimento do Sol (o *"Rei Sol"*) pela abóbada celeste era puxado por uma carruagem, fato é que se encontra exposto no Museu Nacional da Dinamarca uma representação confeccionada na chamada "Era do Bronze" (compreende um período de aproximadamente 3300 A.C até

1300 ou 700 A.C., havendo controvérsias) sobre esta simbologia. Ou seja, a preocupação sobre os fenômenos solares é uma questão milenar, e que adquiriu muitos conhecimentos e avanços tecnológicos no decorrer do último século.

Aqui no Brasil os esforços começaram a ser realizados na no final da década de 60 e inicio de 70, com a instalação de estações de medição espalhadas por algumas cidades do país fornecendo informações para o setor agrícola [3]. Sem se preocupar em medir a radiação solar direta sobre a superfície do planeta, estas estações registravam apenas os dados sobre a quantidade de horas que havido aparecido sol no dia.

No final da década de 70 e meados de 80, aparecem os primeiros grupos de pesquisa sobre a radiação solar, sendo que no ano de 1978 é fundado o Centro Nacional de Radiação, atuando até 1990, quando foi extinto por falta de verbas.

Já na década de 90 foram criados o GTES pelo CEPEL que publicou o Atlas Solarimétrico do Brasil no ano de 1997. Trabalhando na mesma direção a UFSC e o INPE publicam o Atlas de Irradiação Solar no Brasil em 1998. Graças à difusão da "World Wide Web" no ano de 1995 o CPTEC / INPE começam a publicar dados sobre índices pluviométricos, temperatura, e irradiação solar (objeto de estudo deste trabalho) entre outros. Ainda há menções a outros grupos de pesquisa, que um estudo mais detalhado sobre as origens do desenvolvimento da energia solar aqui no Brasil poderá apontar.

IV. CONCEITOS ENVOLVIDOS

A irradiação solar compreende na energia gerada por reações nucleares ocorridas no interior e na superfície do Sol e propagada na forma de ondas eletromagnéticas para todas as direções para o espaço. Estas ondas viajam no vácuo e apenas uma pequena fração atinge a terra [4].

A radiação solar é composta por uma distribuição espectral com diversos comprimentos de onda, conforme descrito por [5]-[6]. Esta distribuição pode ser visualizada na "Fig. 01".

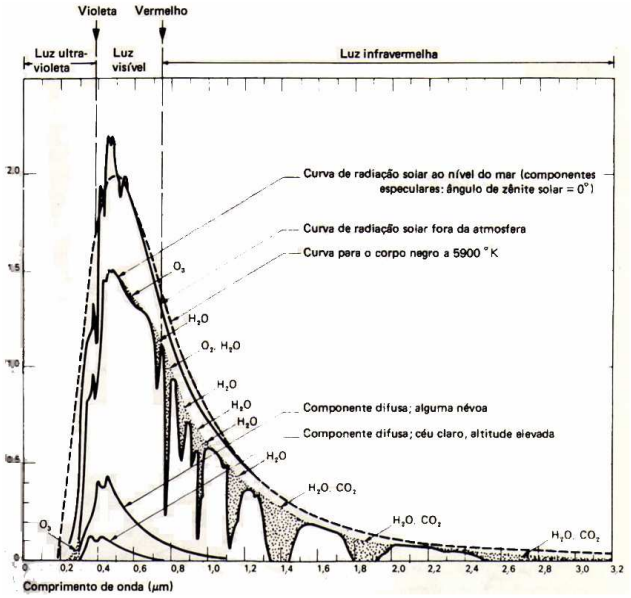


Fig. 01 – O espectro solar fora da atmosfera e ao nível do solo

Mesmo que numa pequena fração, a intensidade desta energia é da ordem de 2000 W/m^2 no topo da atmosfera terrestre e da ordem de 1360 W/m^2 no nível do mar [4]-[5] (também chamada de Constante Solar). Esta redução de mais de 30% deve-se à fenômenos como reflexão e absorção de parte das ondas que compõem o espectro ao se depararem com nuvens e gases concentrados na atmosfera.

Ainda com relação à esta distribuição espectral, pode-se subdividi-la em três categorias principais [7]-[8], cada uma diferindo no que se diz respeito ao comprimento da onda:

Região do ultravioleta ($\lambda > 0{,}4\ \mu m$)
Região do espectro visível ($0{,}4 < \lambda < 0{,}7\ \mu m$)
Região do infravermelho ($\lambda > 0{,}7\ \mu m$)

Onde λ = comprimento de onda, cuja unidade é μm.

Esta distribuição espectral acaba por contribuir com parcelas diferenciadas sobre o total da intensidade registrada nas medições realizadas, conforme sugere [7]:

Região do ultravioleta = 9 % da irradiação
Região do espectro visível = 45 % da irradiação
Região do infravermelho = 46 % da irradiação

Isto nos leva a considerar que somente uma parcela da energia que chega à superfície terrestre pode ser aproveitada para finalidades distintas [9], já que tanto os sistemas biológicos da terra, como árvores e plantas absorvem energia, parte do espectro aquece a temperatura da terra gerando ventos e ondas e ainda, e ainda podendo ser aproveitada termicamente ou para geração de eletricidade.

ISSN 1809-3957

Quando atinge a superfície, já se descontando as parcelas que voltam ao espaço, a radiação solar chega à superfície como radiação solar direta e radiação solar difusa. Radiação solar direta é a componente da radiação solar extraterrestre que chega à superfície terrestre vindas diretamente do disco solar. Ela é mais intensa em dias de céu limpo e quando o Sol estiver coberto, ela pode ser praticamente desprezada.

Já a radiação solar difusa é a componente da radiação solar extraterrestre oriunda de todas as direções do céu decorrente em parte do espalhamento e em parte da reflexão para baixo da luz que atinge as nuvens. Mesmo com o Sol coberto por nuvens ou fumaça, a energia solar continua chegando à superfície como radiação difusa. A radiação solar global é então a soma da radiação direta e da difusa.

V. AQUISIÇÃO DE DADOS

Para sustentar a proposta deste trabalho, foram tomados como dados de referência dois fatores distintos, a saber: *A. série histórica de radiação global acumulada* e; *B. medidas de radiação global incidente na superfície.* A seguir é discutido com mais detalhes cada um destes itens.

A. Série histórica de radiação global acumulada.

Diz respeito à quantidade de energia na forma de radiação global acumulada durante todo o decorrer do dia solar. Sua unidade utilizada é o MJ/m^2.

Para a realização deste trabalho, os autores tomaram como referência os dados disponibilizados pelo CPTEC, visto que esta entidade mantém postos de medição de dados metereológicos em diversas cidades do Brasil, disponibilizando dados diários sobre as cidades.

O período da análise realizada pelos autores compreendeu o tempo transcorrido entre novembro de 2002 e março de 2009. Totalizando 77 meses com dados diários fornecidos pelo CPTEC e disponível no site*.

Os dados coletados foram então organizados em formato de planilha eletrônica, "Fig. 02", tendo sido posteriormente processados e extraídos gráficos, cujos resultados são apresentados no item "VI – Resultados".

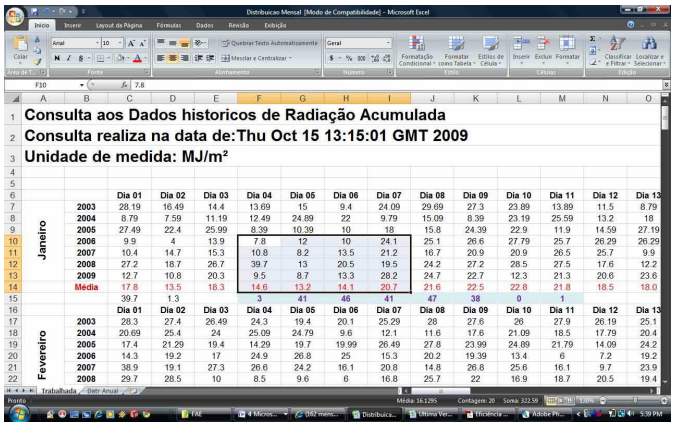


Fig. 02 – Processamento das séries históricas.

Os dados disponibilizados no site do CPTEC dizem respeito a uma localidade especifica de Guaratinguetá, a saber: latitude: -22.801; longitude -45.189; altura: 539 m do nível do mar.

B. Medidas de radiação global incidente na superfície.

Nesta seção foram reunidos dados referentes à realização de medidas sobre a intensidade na superfície ao longo do dia. Para tanto foram feitas medidas com um aparelho medidor de energia solar, cujo fabricante é a empresa "Instrutherm", a unidade de trabalho registrada é o W/m^2 e a precisão do aparelho é de 0,1 W/m^2. Este aparelho é capaz de medir a radiação total, ou seja, a direta mais a difusa.

Conforme apresentado na Tabela I, foram realizados quatros dias de medições ao longo do dia solar, lembrando que neste estudo foi considerado que o dia solar corresponde ao período que se inicia às 06:00 e termina as 18:00. Também fora trabalhos com dados obtidos de outras medições [10].

* Disponível em: <http://satelite.cptec.inpe.br/PCD/historico/consulta_radsol.jsp>

TABELA I
REGISTRO DE MEDIDAS DA RADIAÇÃO SOLAR NA SUPERFÍCIE

	Radiação global na superfície terrestre (W/m^2)								
Hora	**M01**	**M02**	**M03**	**M04**	**M05**	**M06**	**M07**	**M08**	**M09**
6:00	50	20	**20**					20	20
6:30	380	150	**100**					350	100
7:00	570	470	**330**					500	390
7:30	780	590	**460**					750	460
8:00	1000	690	**600**					490	600
8:30	**1150**	800	**650**					820	704
9:00	1180	870	595		500	600		500	771
9:30	1200	940	330	906	550	680	923	850	860
10:00	1210	1000	205	924	500	740	980	1100	983
10:30	1220	1015	184	980	698	600	932	1270	812
11:00	1230	1035	114	986	814	846	983	1040	1090
11:30	1240	1045	52	1002	846	836	1011	1250	690
12:00	**1250**	1050	135	1026	870	845	1012	1100	1120
12:30	1255	1045	10	1012	850	750	1020	1200	1090
13:00	1240	1035	30	1027	905	719	1015	**1350**	1120
Hora	**M01**	**M02**	**M03**	**M04**	**M05**	**M06**	**M07**	**M08**	**M09**
13:30	1230	1015	58	982	872	247	989	1305	1126
14:00	1220	1000	20	923	979	355	954	500	850
14:30	1200	940	24		644	168		1000	480
15:00	1180	870	72		168	122		1040	70
15:30	**1150**	800	115			110		500	50
16:00	1000	690	112					460	100
16:30	780	590	110					600	120
17:00	570	470	450					570	60
17:30	380	150	62					75	40
18:00	20	20	22					100	20

Obs:

M01 = Curva máxima teórica = representação linear da distribuição ao longo do dia (aproximação teórica).

M02 = primeira aproximação realizadas no dia 15-Out-09 (tentativa de aproximação da curva ideal)

M03 = segunda aproximação feita no 16-Out-09 (dia chuvoso).

M04, M05, M06, M07 = medidas realizadas por [10].

M08 = medidas realizadas = terceira aproximação realizada no dia 06-Nov-09 (predominantemente ensolarado, com algumas nuvens intermitentes).

M09 = medidas realizadas = quarta aproximação realizada no dia 01-Dez-09 (dia chuvoso).

VI. RESULTADOS

Nesta seção é apresentado o processamento dos dados coletados conforme descrito acima. Eles serão apresentados separadamente, visto que um diz respeito às médias das intensidades acumuladas e a outra se refere a como a taxa de radiação global se comporta durante o dia, desde o amanhecer até o pôr do sol.

Cabe ressaltar que a aquisição de dados na forma de séries históricas nos permite compreender como estas taxas variam ao longo do ano, sendo de importância relevante, para a determinação de períodos que são menos intensivos, como é o caso dos meses de junho e julho e quais meses são "melhores" e, conseqüentemente, onde as taxas atingem índices mais elevados.

A "Fig. 03" sintetiza as médias diárias calculadas para todos os meses dos anos analisados. Pode-se notar que as médias ficam compreendidas na faixa de aproximadamente 7 e 33 MJ/m^2.

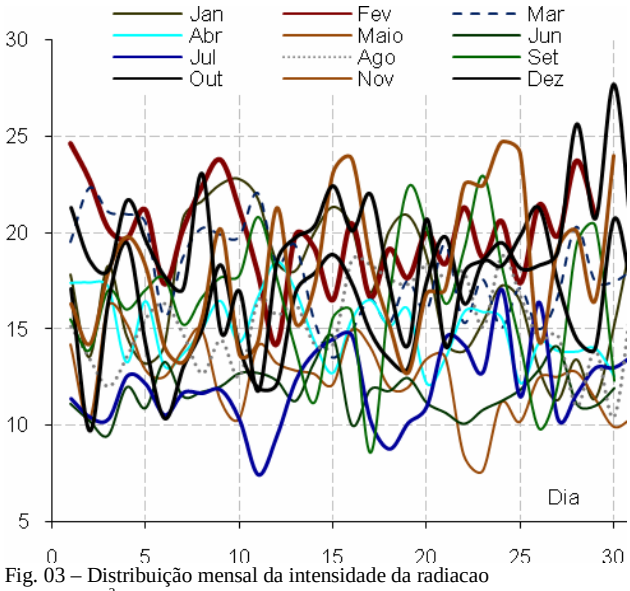


Fig. 03 – Distribuição mensal da intensidade da radiacao solar (MJ/m^2 x dia)

Embora a tenha apenas desenhados as médias mensais, foram também registrados valores de pico, tanto máximos e minimos no periodo analisado.
e cabe registrar que:

Máximo Registrado: 41,8 MJ/m^2 (16/Nov/06)
Mínimo Registrado: 1 MJ/m^2 (30/Ago/04)

Embora não se tenha acesso às condições climáticas daquela época, o valo de máximo deve ter ocorrido em um dia de sol intenso, sem

nuvens e que brilhou por todo o dia solar. Já na data registrada com a intensidade mínima, pode-se concluir que o dia possivelmente estava bastante chuvoso e ainda com baixa intensidade de radiação.

Para se ter uma análise mais refinada sobre o comportamento destas curvas ao longo do ano, foram então separados os períodos de maiores e menores médias diárias. O resultado está apresentado na "Fíg. 04".

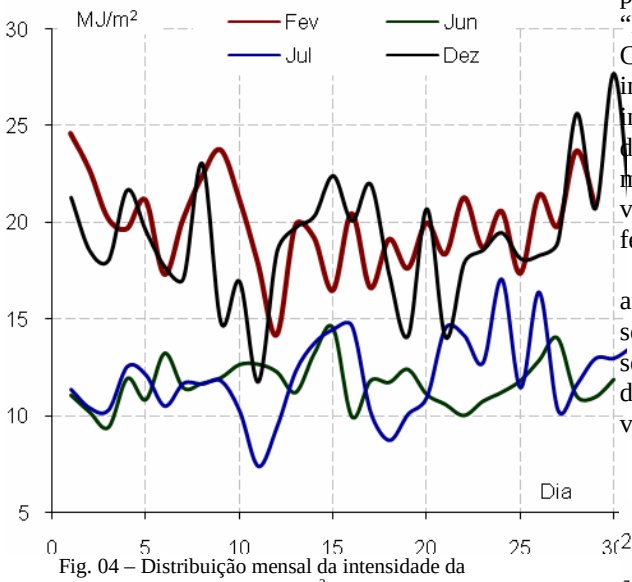


Fig. 04 – Distribuição mensal da intensidade da radiacao solar reduzida (MJ/m^2 x dia)

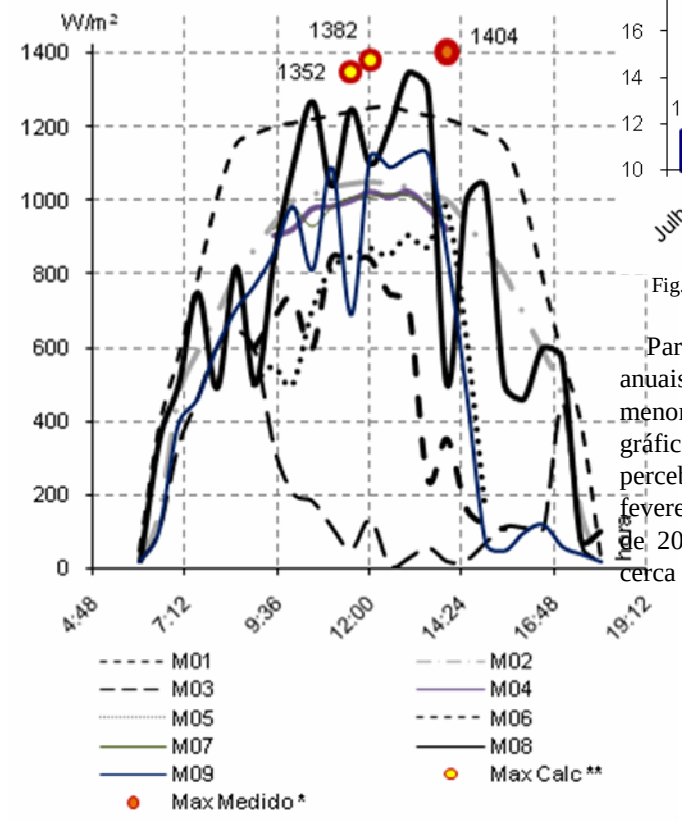


Fig. 05 – Distribuição diária da radiacao solar na superfície (W/m^2 x hora)

OBS:

* Max Medido = valor máximo medido registrado no dia 06-Nov-09, ~14:00 h.

** Max Calc = máximos teóricos calculados variando temperatura superficial do Sol [4].

VII. Discussão dos Resultados

Quando analisados os meses ao longo do período, chegamos ao gráfico representado na "Fig. 06", que sintetiza as médias mensais. Como era de se esperar, o período com maior intensidade é o período do verão, e o de menor intensidade é o do inverno. O que se pode destacar são, então, os valores médios destes meses: junho e junho apresentaram os mesmo valores médios, ou seja, 11,7 MJ/m^2 e o mês de fevereiro alcançou a taxa média de 20 MJ/m^2.

Também é correto afirmar que nove meses do ano, mantiveram médias cujo resultado podem ser fixados acima da casa dos 15 MJ/m^2, ou seja, perfazendo um percentual de mais de 55% dos dias com energia acumulada acima deste valor.

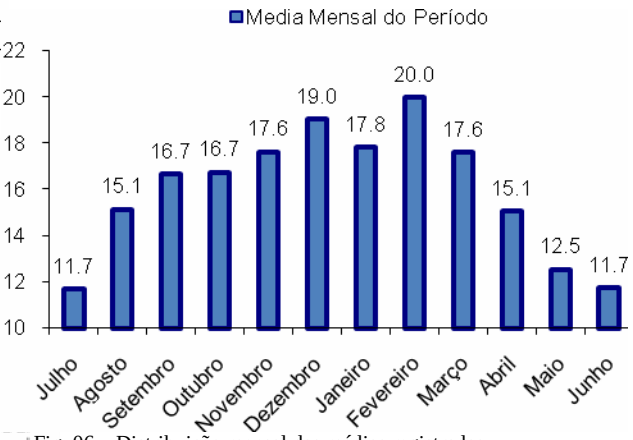


Fig. 06 – Distribuição mensal das médias registradas.

Para ilustrar o comportamento das medias anuais e da média geral nos períodos de maior e menor intensidade solar, foram montados os gráficos das "Fig. 07" e "Fig. 08". Pode-se perceber claramente que ao longo do mês de fevereiro, as taxas variaram em torno da média de 20 MJ/m^2 e no mês de julho ficando com cerca da metade deste valor.

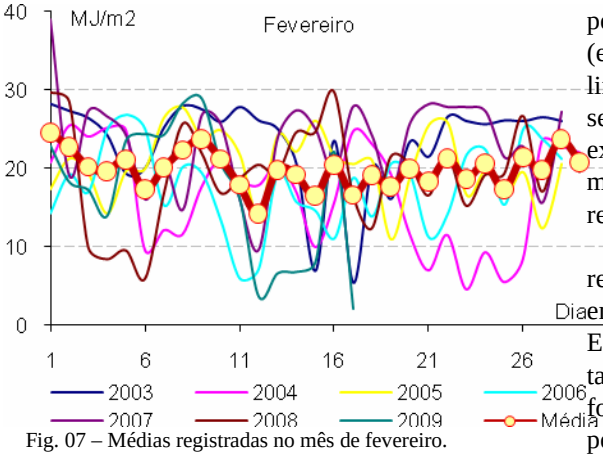


Fig. 07 – Médias registradas no mês de fevereiro.

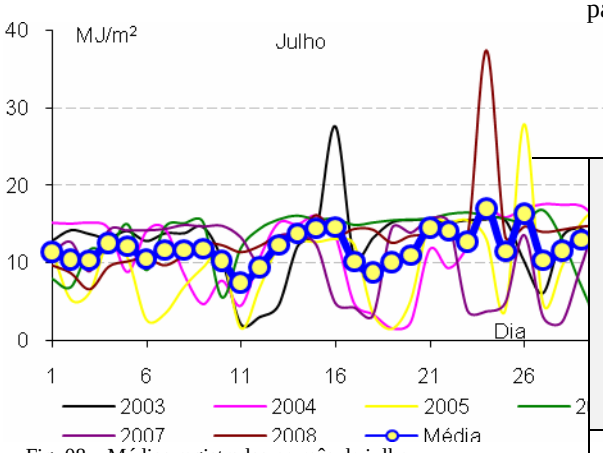


Fig. 08 – Médias registradas no mês de julho.

Acontece que, na realidade, valores máximos e mínimos apresentam uma quantidade de energia que dificilmente serão ultrapassados nós próximos possíveis levantamentos. Para auxiliar futuros estudos e elaborações de projetos de dimensionamentos de sistemas tanto fotovoltaicos como destinados ao aproveitamento térmico em Guaratinguetá, a faixa de segurança compreende ao limites mostrados na "Fig. 09".

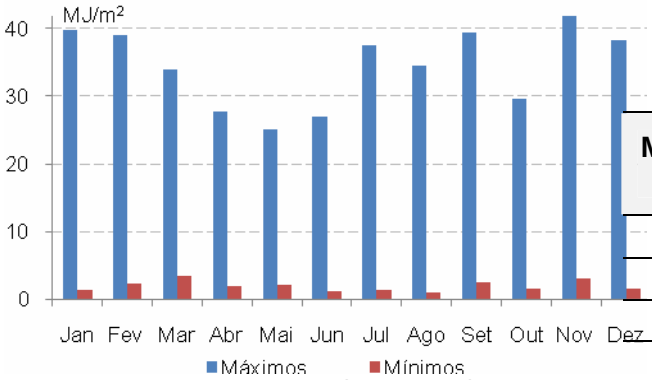


Fig. 09 – Distribuição de máximos e mínimos registrados.

Outra possível analise diz respeito à gama de intensidade que foi registrada ao longo do periodo. Conforme pode ser notado na "Fig.09" (e já citado anteriormente), o range de registros limita-se entre 1 e 41,8 MJ/m^2, distribuindo-se segundo condições climáticas, como por exemplo a verificação de nuvens no céu e até mesmo o próprio afastamento da Terra em relação ao Sol.

Estes limites de intensidades foram respeitados e então divididos em faixas de de 5 em 5 MJ/m^2, conforme mostrado na Tabela II. Esta divisão foi realizada com o intuito de se tantar reconstituir, de maneira geral, quais foram as condições climáticas em diferentes periodos do ano, se o dia estava ensolarado, parcialmente ou completamente nublado.

TABELA II
REGISTRO DE MEDIDAS DA RADIAÇÃO SOLAR NA SUPERFÍCIE

0.1 a 4.99	5 a 9.99	10 a 14.99	15 a 19.99	20 a 24.99	25 a 29.99	30 a 34.99	35 a 42	TOTAL (dias)
122	304	556	599	409	194	17	7	2208

A Tabela III apresenta a intensidade acumulada: quando converte-se o valor de 20 MJ/m^2 (que refere-se a energia acumulada) seria o mesmo que uma intensidade de 463 W/m^2 durante todo o período do dia solar, ou seja, considerando que este valor permaneceu constante durante aproximadamente 12 seguidas. 43,2 MJ/m^2 por dia é como se a potência instantânea registrada na superfície se mantivesse constante em 1000 W/m^2 ao longo de 12 horas: um valor bastante expressivo.

TABELA III
EQUIVALÊNCIA ENERGÉTICA

MJ/m^2	W/m^2 (médio)		MJ/m^2	W/m^2 (médio)
1	23		25	579
5	116		30	694
10	232		35	810
15	347		41.8	968
20	463		43.2	1.000

Com relação a ocorrências registradas no período, notamos que há uma maior

incidência na faixa que compreende a região entre 10 e 25 MJ/m^2, conforme aponta a "Fig. 10".

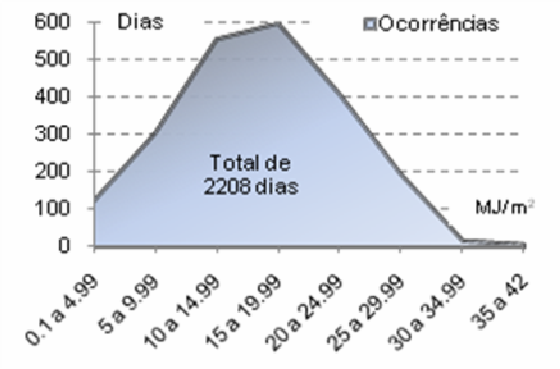


Fig. 10 – Distribuição das ocorrências das faixas de intensidade.

Agora é cabível fazer a seguinte questão: em qual período do ano ocorrem estes dias subdivididos nas faixas de consumo? Para procurar uma resposta, fora então plotado a "Fig. 11", que nos mostra em quais meses estes níveis de intensidade ocorrem durante os meses do ano. É possível constatar que no mês de junho houve uma predominância de ocorrências numa baixa faixa de intensidade. Já em fevereiro há uma ocorrência de igual proporção em faixas de níveis mais altas.

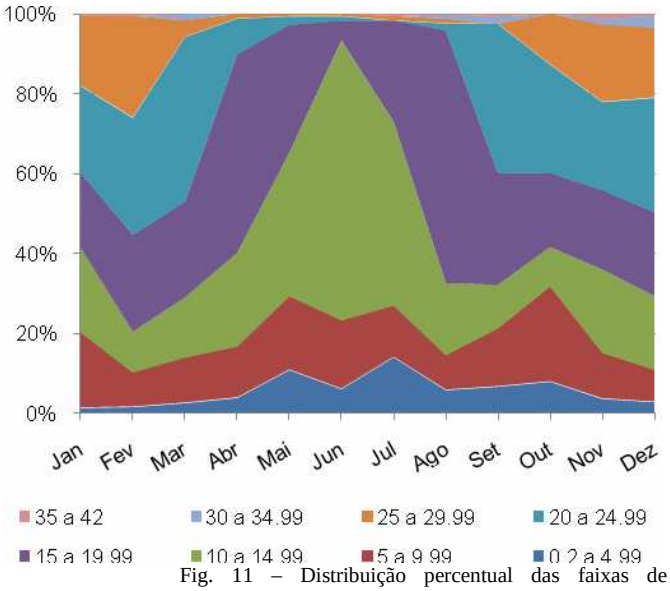


Fig. 11 – Distribuição percentual das faixas de intensidade.

A conclusão que decorre após, esta análise, diz respeito à média geral de ocorrências encontradas na manipulação destes dados. Pode-se constatar na "Fig. 12" que em mais de 52 % do período foram registrados intensidades na faixa entre 10 e 20 MJ/m^2, e dias de altas intensidades, ou ensolarados, de radiação respondem somente por um percentual de quase 9,9% do período. Este valor encontrado está de acordo com um projeto de pesquisa realizado na cidade de São Paulo [11], que chegou há um percentual de 10,1% de dias de "céu claro" dos 1892 dias observados.

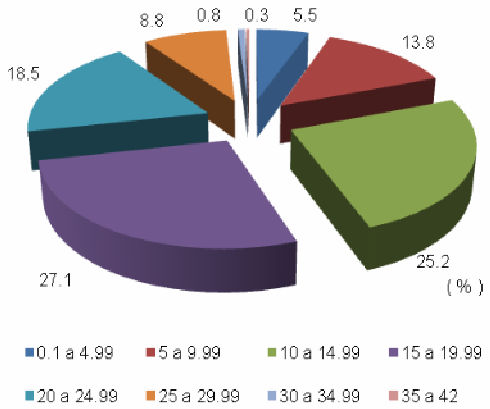


Fig. 12 – Percentual da intensidade da radiação em todo o período analisado.

Segundo critérios estabelecidos pelos autores deste estudo aqui apresentado, uma rápida classificação quanto á três critérios de diferenciação climática dos dias, nos fornece a seguinte distribuição segundo uma diferenciação básica entre "ensolarado, parcialmente nublado ou nublado", conforme apresentado na Tabela IV.

TABELA IV
DISTRIBUIÇÃO DOS DIAS

Rad (W/m^2) Média Diária	Condições climáticas	Qtde (dias)	%
1 a 15	Nublado	982	44,5
15 a 25	Parcialmente nublado	1008	45,6
25 a 42	Ensolarado	218	9,9

VIII. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Podemos apontar como resultado deste trabalho, uma interpretação inicial sobre a disponibilidade da radiação solar que atinge a superfície de Guaratinguetá. Um fator de relevância para a elaboração de projetos na área de aproveitamento da energia solar é saber em qual faixa de radiação trabalhar e em quais períodos do ano elas são constatadas com maior ou menor freqüência.

Considerando que os meses de fevereiro e julho apresentaram as maiores e menores médias, respectivamente, então estes são períodos críticos para o dimensionamento

de quaisquer equipamentos ou estudos voltados para o tema. Com o intuito de fornecer uma interpretação simples e de fácil entendimento, as “Fig. 13” e “Fig. 14”, mostram a distribuição das faixas de intensidade e sua distribuição percentual nos meses de fevereiro e julho, respectivamente.

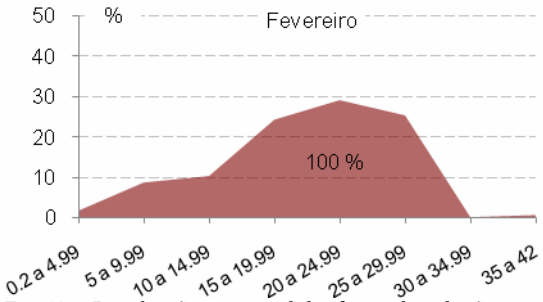
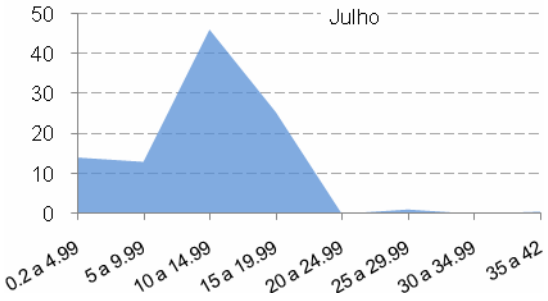


Fig. 12 – Distribuição percentual das faixas de radiação no mês de fevereiro.



100 %

Fig. 13 – Distribuição percentual das faixas de radiação no mês de julho.

As áreas abaixo das curvas acima desenhadas logo acima apontam quais faixas esperar com maior ou menor incidência nestes períodos “críticos” dos meses de maior e menor intensidade.

Os autores deste trabalho esperam que estes dados apresentados possam servir como referência para futuros levantamentos de disponibilidade solar desta e outras regiões, visto que os dados aqui utilizados são relativamente simples de serem extraídos, seja pela internet ou como realizando medidas em campo.

O Sol fornece muito mais energia do que jamais se conseguirá aproveitar, independente do grau do avanço tecnológico que alcancemos. A quantidade de energia que chega até a Terra, oriunda do Sol, é tamanha, que é praticamente inviável aproveitar toda esta contribuição natural do cosmos.

Para trabalhos futuros, apresenta-se como sugestão: aprimorar estatisticamente as séries de dados com um software específico; para o refinamento dos dados, seria interessante manter uma estação de medição conectada e adquirindo dados no período do dia solar em um ponto favorável à observação e livre de barreiras. Este aprimoramento demanda pesquisas que podem ser realizadas no âmbito da graduação ou pós-graduação.

Cabe ressaltar também que para um melhor aproveitamento de da disponibilidade de sol, os equipamentos e aparelhos de medição devem ser instalados em locais com poucas barreiras no seu entorno, uma vez que elas acabam prejudicando na captação da energia numa parcela do dia, já que estes podem ter seu tempo de exposição reduzido ao percurso que o Sol faz pela abobada celeste.

IX. Referências Bibliográficas

[1] J. Goldemberg, *Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento*. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1998. p. 108.

[2] J. A. B. Grimoni, L. C. R. Galvão e M.E.M. Udaeta, *Iniciação a Conceitos de Sistemas Energéticos para o Desenvolvimento Limpo*. 1.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004. p. 93.

[3] A. P. C. Guimarães, “Estimativa de Parâmetros da Camada Atmosférica para Cálculo da Irradiação Solar Incidente na Superfície Terrestre”. Tese de Doutorado, Depto Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003.

[4] S. Weider, *An Introduction to Solar Energy for Scientists and Engineers*, 2nd Ed. Florida: Krieger Publishing Company, 1992, p. 12.

[5] W. Palz, *Energia Solar e as Fontes Alternativas*, 1ª Ed. São Paulo: Hemus Editora Ltda, 1995, p. 65.

[6] G. Boyle, *Renewable Energy:Power for a Sustainable Future*, 2nd Ed. Cambridge: Oxford University Press, 2004, p. 70.

[7] J. Twidell and T. Weir, *Renewable Energy Resources*, 1st Ed. New York: Taylor & Francis Group, 1986, p. 66.

[8] J. Andrews and N. Jelley, *Energy Science: Principles, technologies and Impacts*, 1st Ed. New York: Oxford New York, 2007, p. 134..

[9] R. C. Neville, *Solar Energy Conversion: The Solar Cells*, 2nd Ed. Arizona: Elsevier, 1995, p. 19.

[10] D. M. Silva, "Eficiência de Aquecedores Solares Confeccionados com Garrafas PET de Diversas Cores,” Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação), Curso de Engenharia Mecânica, FEG/UNESP, Guaratinguetá, 2009.

[11] A. P. Oliveira e A. J. Machado, Projeto “Estudo Observacional da Radiação Solar na Cidade de São Paulo, Grupo de Micrometeorologia, Departamento de Ciências Atmosféricas, IAG/USP, Junho de 1999.

Revista SODEBRAS – Volume 5 – n° 56 – agosto / 2010

DESENVOLVIMENTO DE MÉTODO PARA CÁLCULO DE DISPONIBILIDADE EM PLANTAS INDUSTRIAIS

ISSN - 1809-3957

T. Capellato e T. M. Souza – *Feg – Unesp*

Resumo - Este trabalho tem como objetivo desenvolver um método capaz de medir a quantidade de tempo que uma planta ou unidade produtiva é capaz de desempenhar sua função, considerando os aspectos combinados de sua forma de produção, confiabilidade, mantenabilidade, apoio logístico, apoio da cadeia de suprimentos e recursos financeiros utilizados, comparando as diferentes plantas ou unidades produtivas, independente do seu sistema de produção ou quantidade de recursos financeiros utilizados e sendo capaz de identificar e classificar os motivos causadores de perdas. Ao aplicar o método proposto, qualquer empresa, independente do sistema de produção, será capaz de medir o seu índice de disponibilidade, além de identificar e classificar as causas raízes dos eventos causadores de indisponibilidade, e conseqüentemente, definir estratégias capazes de aumentar a sua produtividade e competitividade.

Palavras-chave: **Disponibilidade, manutenção, estratégia, informação, produtividade e competitividade.**

XI. NOMENCLATURA

Aux.	-	Auxiliares
Eng.	-	Engenharia
Ex.	-	Exemplo
FMEA	-	Análise de modo e efeito de falha
Indisp.	-	Indisponibilidade
M.P.T.	-	Manutenção Produtiva Total
NR-13	-	Norma regulamentadora treze
Qtde	-	Quantidade
Plan.	-	Planejada
Prod.	-	Produção
T.P.M.	-	Total productive maintenance (manutenção produtiva total)

XII. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas o pensar e agir estrategicamente são importantes para que as atividades necessárias à produção se integrem de maneira eficaz ao processo produtivo contribuindo, efetivamente, para que a empresa caminhe rumo a excelência empresarial.

Segundo Pinto et al (2007) esta nova postura é fruto dos desafios que se apresentam neste novo cenário de uma economia globalizada e altamente competitiva, onde mudanças ocorrem em alta velocidade e a manutenção, como uma das atividades fundamentais do processo produtivo, precisa ser um agente proativo.

Neste cenário não existe a opção do improviso e arranjos, faz-se necessário atuar com competência, criatividade, flexibilidade, velocidade, cultura de mudança, dedicação e trabalho em equipe para manter-se a competitividade exigida pelo mercado.

A condução moderna dos negócios requer uma mudança profunda de mentalidade e de posturas, o gerenciamento deve basear-se na visão do futuro e regida por processos de gestão onde a satisfação plena de seus clientes seja resultante da qualidade intrínseca dos seus produtos e serviços e a qualidade total dos seus processos produtivos seja o balizador fundamental.

Além disso, o mundo industrializado vem enfrentando a transição de uma economia industrial para uma economia de informação. Neste tipo de economia o sucesso é determinado pela quantidade de informações que conhece e não pelo que possui. Quaisquer vantagens competitivas que pudessem ser adquiridas pelas economias de escala podem ser contrabalanceadas através do desenvolvimento e uso efetivo da informação. Na economia de informação, a concorrência entre as organizações baseia-se em sua capacidade de adquirir, tratar, interpretar e utilizar a informação de forma eficaz.

As organizações que liderarem essa competição serão as grandes vencedoras do futuro, enquanto as que não o fizerem serão facilmente vencidas pelas concorrentes. Pode-se tratar informação como dados provenientes de indicadores internos e externos

Os investimentos em indicadores de produtividade não criam mais vantagem ou produtividade por si própria do que os investimentos em novo maquinário. O valor do indicador depende do seu uso dentro da organização.

Para isso é necessário especificar estratégia, a qual está alocada entre o pensar e o agir, propiciando a definição e a simulação de quais

serão as atividades necessárias para atingir o objetivo pré-estabelecido e necessita satisfazer os quatros critérios abaixo:

- Deve ser singular, ou pelo menos deve mostrar como a empresa se distinguirá de suas rivais;
- Deve orientar especificamente escolhas importantes (por exemplo, a gestão da manutenção deseja reduzir o custo e aumentar a disponibilidade produtiva);
- Deve considerar claramente o ambiente competitivo, inclusive os clientes, fornecedores e concorrentes;
- Deve considerar claramente todos os recursos que serão necessários à implantação da estratégia, inclusive capital, conhecimento e capacitação dos indivíduos.

Desta forma é possível fundamentar e posicionar este trabalho no contexto de uma empresa de sucesso, conforme Fig. 1.

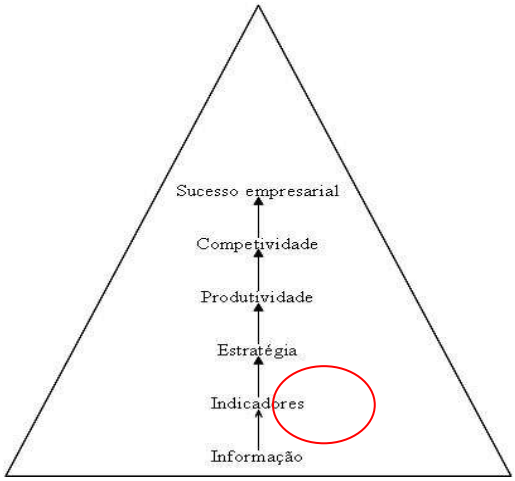


Fig. 1 – Sucesso empresarial.

Este método está inserido na base desta pirâmide, conforme Fig. 1, mais precisamente nos itens indicadores e estratégia. Desta forma, tratará do desenvolvimento de um método capaz de medir uma determinada informação, doravante denominada disponibilidade, em unidades produtivas, independente do sistema de produção ou quantidade de recursos financeiros utilizados.

Além disso, será sugerido como tratar esta informação e onde encaixá-la no processo decisório de estratégias competitivas.

Para isso, foi desenvolvido um modelo piloto, o qual foi implantado em 13 unidades produtivas, as quais foram monitoradas durante 12 meses, para somente após alterações e melhorias expandir-se no restante da organização a partir de 2006.

XIII. MÉTODO

No desenvolvimento deste trabalho utilizou-se o método hipotético dedutivo.

A. Aplicação

O método proposto é aplicável em sistemas de produção contínua ou intermitente, o qual se divide: produção em lotes e produção sob encomenda.

O sistema de produção contínua é caracterizado pelo grande volume de produção, produto padronizado e produção de grandes lotes de cada vez. O ritmo de produção é acelerado e as operações são executadas sem interrupção ou mudança. Como o produto é o mesmo ao longo do tempo, e o processo produtivo não se altera, o sistema pode ser aperfeiçoado continuamente.

Na prática os modelos contínuos estão representados por linhas de montagem, fabricação de produtos químicos e refinação de petróleo, enfim, produtos que são mantidos em linha por um longo tempo e sem modificação.

O sistema de produção intermitente é caracterizado por instalações que devem ser suficientemente flexíveis para manejar uma ampla variedade de produtos e tamanhos, ou onde a natureza básica da atividade impõe mudanças importantes dos insumos.

Neste sistema de produção deve-se implantar o método de cálculo de disponibilidade na etapa gargalo do processo, pois dessa forma conseguir-se-á eliminar os desvios contidos nas etapas de produção.

O sistema de produção intermitente, e em lotes, é caracterizado por produzir uma quantidade limitada de um tipo de produto de cada vez (denominada lote de produção). Cada lote é previamente dimensionado para assim poder atender a um determinado volume de vendas previsto para um dado período de tempo. Desse modo, os lotes de produção são produzidos um após o outro. Este tipo de produção em lotes é utilizado por uma infinidade de indústrias: têxteis, cerâmica, eletrodomésticos, materiais elétricos, etc.

Deve-se implantar o método de cálculo de disponibilidade na última etapa de produção, de preferência antes do despacho para logística.

O sistema de produção intermitente e sob encomenda é caracterizado pela produção sob encomenda, é produzida especialmente a pedido de um freguês como turbinas, ferramentas e matrizes, maquinaria especial, navios, matéria-prima, etc. Os pedidos são em geral de natureza não repetitiva e as quantidades podem variar de uma a centenas de unidades. Neste tipo de produção, cada pedido usualmente acarreta uma grande variedade de operações, e o andamento em geral não segue nenhum plano padronizado ou rotineiro. A encomenda ou pedido efetuado que vai definir como a produção deverá ser planejada e controlada.

Em unidades produtivas que possuem vários tipos ou sistemas deve-se implantar um ponto de medição para cada linha e definir um peso percentual de acordo com o impacto financeiro referente a esta linha parar individualmente.

Segue abaixo exemplos de como proceder de acordo com o sistema de produção utilizado.

Exemplo 1: nos sistemas de produção contínua com uma única linha de produção deve-se identificar a etapa gargalo do processo e implantar o controle nesta etapa, conforme Fig. 2.

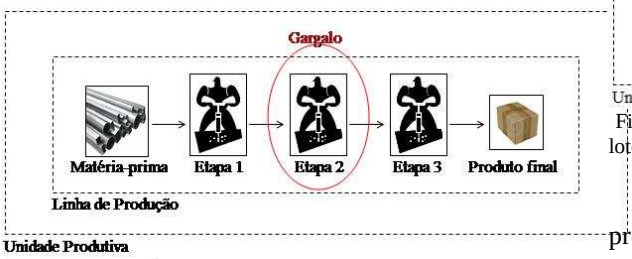


Fig. 2 – Ponto de implantação no sistema contínuo com linha única de fabricação.

Neste caso a disponibilidade da unidade produtiva será o valor mensurado na etapa gargalo.

Exemplo 2: nos sistemas de produção contínua com várias linhas de produção deve-se implantar o método na etapa gargalo de cada uma das linhas, conforme Fig. 3.

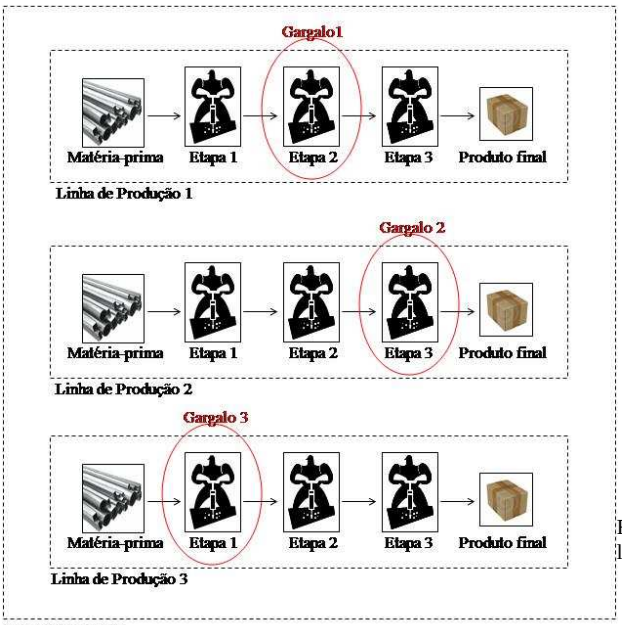


Fig. 3 – Ponto de implantação no sistema contínuo com várias linhas de fabricação.

Após finalizar os cálculos de cada uma das linhas defini-se um peso para cada linha de produção em relação à capacidade financeira dos produtos produzidos na mesma, para então calcular uma média ponderada da disponibilidade das linhas a qual representará a disponibilidade da unidade produtiva.

Exemplo 3: nos sistemas de produção intermitente e em lotes, deve-se implantar o método de cálculo de disponibilidade na última etapa de produção, de preferência antes do despacho para logística, conforme Fig. 4.

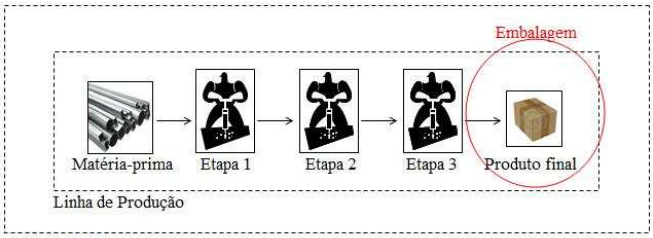


Fig. 4 – Ponto de implantação no sist. intermitente e em lotes (linha única).

Neste caso a disponibilidade da unidade produtiva será o valor mensurado na etapa de embalagem.

Caso existam várias linhas de produção deve-se também implantar o método na etapa de embalagem, conforme Fig. 5.

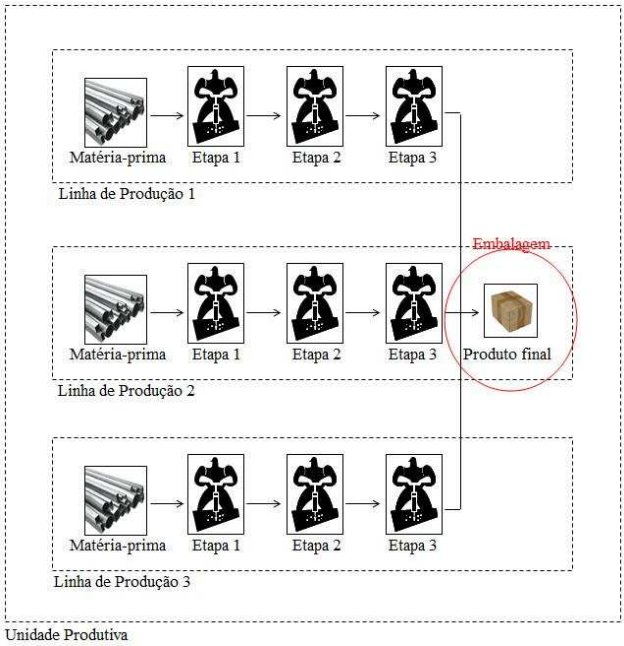


Fig. 5 – Ponto de implantação no sistema intermitente e em lotes (linhas em paralelo).

Exemplo 4: nos sistemas de produção intermitente e sob encomenda deve-se implantar o método de cálculo de disponibilidade conforme os exemplos 1 e 2, diferenciando somente com o cuidado de monitorar o tempo em que a unidade aguarda a chegada de pedidos (ociosidade).

Neste caso a disponibilidade da unidade produtiva será o valor mensurado na etapa gargalo.

O fluxo de operações deve ocorrer conforme Fig. 6.

Fig. 6 – Fluxo de operações.

B. Classificação do registro de parada

Os índices que compõem o método significam:

Parada (Indisponibilidade): a quantidade de horas indisponíveis, separadas pelos motivos causadores da mesma, este item será dividido em dois subitens: planejada e não planejada.

Parada planejada: Uma planta está indisponível se não puder exercer a sua função, ou seja, não puder produzir de acordo com o especificado. Caso a circunstância motivadora da perda ou atraso de produção for causada por medidas planejadas, esta será caracterizada como parada planejada. É considerada parada planejada aquela que tenha sido planejada no mínimo com trinta dias de antecedência.

A range parada planejada é dividida em quatro subitens: projeto, produção ou processo, técnica e auxiliares.

Projeto: representa as paradas causadoras de indisponibilidade planejadas que são de responsabilidade da área de projetos, ou seja, engenharia de projetos.

Produção ou processo: representa as paradas causadoras de indisponibilidade planejadas que são de responsabilidade da área produtiva, ou seja, engenharia de processo, engenharia de produção ou condutores da unidade produtiva.

Técnica: representa as paradas causadoras de indisponibilidade planejadas que são de responsabilidade da área técnica, ou seja, engenharia de campo, engenharia de manutenção ou fornecedores técnicos.

Motivos auxiliares: representa as paradas causadoras de indisponibilidade planejadas que são de responsabilidade da área de utilidades.

Não Planejada: representa as paradas que causaram indisponibilidade, entretanto quando esta circunstância for causada por medidas não planejadas, ou planejadas com menos de trinta dias de antecedência.

A range parada não planejada é dividida em três partes: produção/processo, técnica e auxiliares.

Produção ou processo: representa as paradas causadoras de indisponibilidade não planejadas que são de responsabilidade da área produtiva, ou seja, engenharia de processo ou engenharia de produção. Técnica: representa as paradas causadoras de indisponibilidade planejadas que são de responsabilidade da área técnica, ou seja, engenharia de campo, engenharia de manutenção ou fornecedores técnicos.

Motivos auxiliares: representa as paradas causadoras de indisponibilidade não planejadas que são de responsabilidade da área de utilidades. Ex.: Interrupção da rede de vapor, da rede de tratamento de água.

Disponibilidade teórica: Representa o percentual de disponibilidade no mês, será dividido em dois subitens. É obtido através da soma do índice de produção com o índice de ociosidade.

Produção: Representa a quantidade de horas disponíveis para a produção.

Ociosidade: Representa a quantidade de horas na qual a planta esteve disponível, entretanto não foi utilizada por falta de demanda produtiva, ou seja, esteve ociosa.

Classificação	Código	Motivo da parada
Parada planejada Projeto	11	Execução de projetos
Parada planejada produção ou processo	21	Regulagem de parâmetros
	22	Limpeza devido a contaminação cruzada
	23.1	Falta de matéria-prima - Logística
	23.2	Falta de matéria-prima - Programação da produção
	23.3	Falta de matéria-prima - Compras
	23.4	Falta de matéria-prima - Cadeia de suprimentos
	24	Limpeza do sistema
	25.1	Falta de embalagem - Logística
	25.2	Falta de embalagem - Programação da produção
	25.3	Falta de embalagem - Compras
	25.4	Falta de embalagem - Cadeia de suprimentos
	26	Reprocessamento de material
	27	Férias coletivas
	28	Perdas administrativas planejadas
	29	Baixa performance do sistema
Parada planejada Técnica	31	Cronograma de parada - manutenção preventiva
	32	Inspeção NR-13
	33	Manutenção especifica planejada
Parada planejada por motivos auxiliares	43	Falta de energia ou utilidades
Parada não planejada produção ou processo	51	Falha operacional
	52	Aguardando encerramento da etapa anterior
	53.1	Falta de matéria-prima - Logística
	53.2	Falta de matéria-prima - Programação da produção
	53.3	Falta de matéria-prima - Compras
	53.4	Falta de matéria-prima - Cadeia de suprimentos
	54	Limpeza do sistema
	55.1	Falta de embalagem - Logística
	55.2	Falta de embalagem - Programação da produção
	55.3	Falta de embalagem - Compras
	55.4	Falta de embalagem - Cadeia de suprimentos
	56.1	Reprocessamento de material
	56.2	Perda de partida
	57	Aguardando análise do laboratório
	58	Falta de documentação
	59	Transferência de produto
Parada não planejada Técnica	61	Manutenção Corretiva
	62	Falta de pessoal de manutenção - instrumentação ou elétrica
	63	Falta de pessoal de manutenção - mecânica
	64	Falta de planejamento da manutenção
Parada não planejada por motivos auxiliares	71	Falta de energia elétrica
	72	Falta de água
	73	Falta de ar comprimido
	74	Falta de nitrogênio
	75	Falta de vapor
	76	Falta de gás natural
	77	Falta de pallets
Ociosidade	81	Falta de demanda produtiva

Fig. 7: Códigos de definição do motivo da parada.

C. *Representação gráfica*

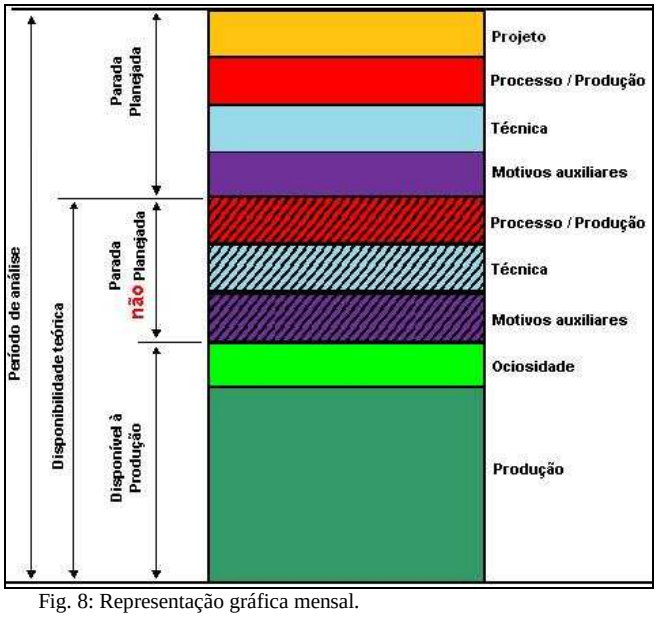


Fig. 8: Representação gráfica mensal.

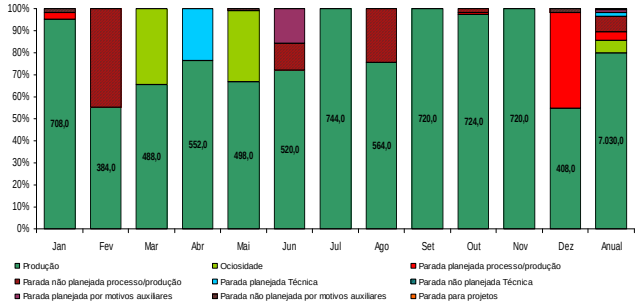


Fig. 9: Representação gráfica anual.

XIV. FORMULAÇÃO

Segue abaixo a representação matemática dos índices utilizados:

Período em análise: representa a quantidade de horas no mês, a qual é obtido multiplicando o número de dias trabalhados por 24.

$$\text{Período [horas]} = \text{Qtde de dias no mês X Tempo previsto para produzir} \quad (1)$$

Parada (indisponibilidade) planejada projeto.

$$\textit{Indisp. Plan. Projeto} = \sum \textit{Horas paradas devido ao motivo código } 11 \quad (2)$$

Parada (indisponibilidade) planejada produção ou processo.

$$\textit{Indisp. Plan. Prod.} = \sum \textit{Horas paradas devido aos motivos códigos de } 21 \textit{ a } 29 \quad (3)$$

Parada (indisponibilidade) planejada técnica.

$$\textit{Indisp. Plan. Técnica} = \sum \textit{Horas paradas devido aos motivos códigos } 31, 32 \textit{ e } 33 \quad (4)$$

Parada (indisponibilidade) planejada motivos auxiliares.

$$\textit{Indisp. Plan. Aux.} = \sum \textit{Horas paradas devido ao motivo código } 43 \quad (5)$$

Parada (indisponibilidade) não planejada produção ou processo.

$$\textit{Indisp. Plan. Prod.} = \sum \textit{Horas paradas devido aos motivos códigos de } 51 \textit{ a } 59 \quad (6)$$

Parada (indisponibilidade) não planejada técnica.

$$\textit{Indisp. Plan. Técnica} = \sum \textit{Horas paradas devido aos motivos códigos de } 61 \textit{ a } 64 \quad (7)$$

Parada (indisponibilidade) não planejada motivos auxiliares.

$$Indisp.\ Plan.\ Aux. = \sum Horas\ paradas\ devido\ aos\ motivos\ códigos\ de\ 71\ a\ 77 \quad (8)$$

Ociosidade.

$$Ociosidade. = \sum Horas\ paradas\ devido\ ao\ motivo\ códigos\ 81 \quad (9)$$

Disponibilidade produtiva ou disponível a produção.

$$\text{Qtde horas disponíveis} = \text{Período de análise[horas]} - \sum Horas\ indisponíveis \quad (10)$$

$$\text{Disponibilidade Pr}odutiva = \frac{\text{Quantidade de horas teóricas disponíveis à produção}}{\text{Período de análise}} \quad (11)$$

XV. Ferramentas utilizadas nos cálculos

Foram utilizadas nos cálculos regras básicazs de matemárica e o software Excel da fabricante Microsoft Co.

XVI. Resultados

O primeiro índice apresentado é a quantidade de unidades produtivas utilizando o método desde a sua disponibilização em 2005.

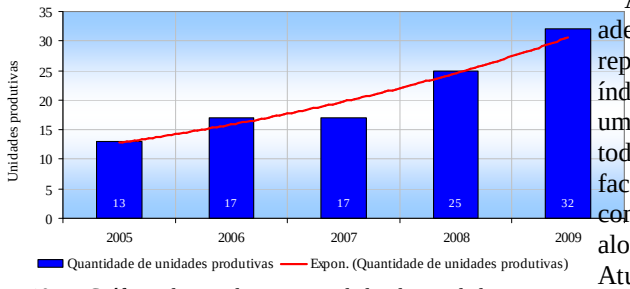


Fig. 10 – Gráfico ilustrando a quantidade de unidades produtivas utilizando o método ao longo dos anos.

A Fig. 10 ilustra a evolução do método visto que a quantidade de unidades produtivas que a utilizam atualmente é 2,5 vezes maior que a utilizada na sua fase de implantação em 2005.

O segundo índice é a quantidade de complexos que aderiram a este método desde a sua utilização, conforme Fig. 11.

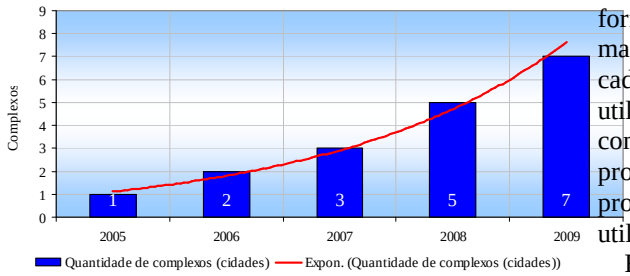


Fig. 11 – Gráfico ilustrando a quantidade de complexos utilizando o método ao longo dos anos.

XVII. CONCLUSÃO

Numa unidade produtiva o fator disponibilidade é indispensável na definição das estratégias de manutenção, logística, produção e projetos. Ele é diretamente relacionado ao custo e a ocupação.

Esta ferramenta através da análise de dados padronizados e confiáveis auxilia a empresa a aperfeiçoar seus investimentos reduzindo os custos, e conseqüentemente obter retorno financeiro acima do custo capital, além de auxiliar os clientes a atingir ainda mais o sucesso através da entrega rápida de produtos.

Através da análise da Fig. 10 conclui-se que o método é eficaz, uma vez que vem aumentando a sua área de utilização atingindo um aumento de 146% quando comparado o ano de 2005 com 2009. Neste ponto é necessário comentar que ao longo dos anos foram inseridos alguns dos códigos utilizados atualmente visando abranger os quatro sistemas de produção utilizados. Este processo de discussão e análise dos códigos de parada trouxe também confiança e empatia das áreas de utilização, itens importantes para o correto funcionamento do método.

A Fig. 11 mostra um aumento de 600% na aderência de outros complexos ou plantas, o que representa o fortalecimento da utilização destes índices nos níveis mais altos da organização, uma vez que a normalização dos indicadores em todas as plantas desta organização no Brasil facilitou a tomada de muitas decisões e a comparação correta entre unidades produtivas alocadas em diferentes regiões do país. Atualmente o método está em fase de tradução para que possa ser expandido na América do sul.

Conclui-se então que através do condensamento entre as teorias já existentes no mercado, entrevista com responsáveis pelas unidades produtivas e áreas que utilizariam as informações atende-se o objetivo geral, pois se criou um método capaz de medir a quantidade de tempo que uma planta ou unidade produtiva é capaz de desempenhar sua função, considerando os aspectos combinados de sua forma de produção, confiabilidade, mantenabilidade, apoio logístico, apoio da cadeia de suprimentos e recursos financeiros utilizados. Com isso, somos capazes de comparar as diferentes plantas ou unidades produtivas independente do seu sistema de produção ou quantidade de recursos financeiros utilizados.

Foram atingidos os objetivos específicos uma vez que foi realizada e apresentada a bibliografia existente sobre gerenciamento de informação na manutenção e método para definição e cálculo de disponibilidade.

Foi definida e compreendida a melhor posição para retirada e aplicação do método no fluxo de operações da empresa, além de demonstrar que a utilização do método conduz à identificação e classificação correta dos motivos causadores de perdas.

Identificou-se também que muitas das situações em que a área técnica, mais precisamente a manutenção, era responsabilizada pela queda na disponibilidade, o real motivo causador de indisponibilidade era a própria produção em erros operacionais. Quebrando assim o antigo paradigma: as máquinas quebram porque a manutenção não é eficaz!

XVIII. REFERÊNCIAS

Dissertação:

[1] PALOMINO, Reynaldo Chile. Uma Abordagem para a Modelagem, Análise e Controle de Sistemas de Produção Utilizando Redes de Petri. 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Univ. Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.

Livros:

[2] BATTILANA, Raymond E. Better Seals Will Boost Pump Performance, Chemical Engineering. 1989.

[3] LAKATOS, Eva Maria e MARCONI, Marina de Andrade. Fundamentos da metodologia científica. 6.ed. – 6. reimp. São Paulo: Atlas S.A., 2008. 315p.

[4] LAFRAIA, J. R. Manual de confiabilidade, mantenabilidade e disponibilidade. 1.ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2008. 388p.

[5] McGEE, J.; PRUSAK, L. Gerenciamento estratégico da informação. 9.ed. Rio de Janeiro: Campus, 1994. 244p.

[6] MONCHY, François. A função manutenção. 1.ed. Rio de Janeiro: Brasileira/Durban, 1989.

[7] PINTO, Alan Kardec et al. Gestão estratégica e indicadores de desempenho. 1.ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2008. 98p.

[8] PINTO, Alan Kardec e LAFRAIA, J.R.. Gestão estratégica e confiabilidade. 1.ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2007. 90p.

[9] PINTO, Alan Kardec e NASCIF, J. A.. Manutenção: Função estratégica. 2.ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2007. 341p.

[10] VIANA, Herbert Ricardo Garcia. PCM, Planejamento e Controle de Manutenção. 1.ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002. 167p.

Normas:

[11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462: Confiabilidade e mantenabilidade. Rio de Janeiro, 1994.

ISSN 1809-3957