

ANÁLISE DOS MOVIMENTOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E REGULAMENTAÇÃO APLICADA A MOTORES ELÉTRICOS PARA MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL

Prof. Dr. Mario Mollo Neto – mariomollo@gmail.com

Coordenador dos cursos de Graduação em Engenharia Eletrônica e Automação Industrial do Centro Universitário Padre Anchieta – Jundiaí - SP.

RESUMO

A presente pesquisa tem como foco a análise dos resultados obtidos pelos movimentos recentes e as transformações econômicas sociais e institucionais necessárias para a obtenção de melhoria da eficiência energética na produção. O desempenho dos motores elétricos nas indústrias brasileiras pode e vem sendo substancialmente melhorado por meio de inserção de inovações tecnológicas incrementais nestas máquinas elétricas. Essa iniciativa foi realizada pelos fabricantes de motores elétricos com a implementação de um programa nacional de eficiência energética, fortemente apoiada e financiado pelo Governo.

Palavras Chave: Eficiência Energética, Inovação, Motor Elétrico.

ABSTRACT

This research was its focus on the results analysis obtained by recent economic transformations and social institutions that had needed to obtain improved energy efficiency in production. The performance of electric motors in Brazilian industry can and has been substantially improved by inclusion of incremental innovations in these electric machines. This initiative was carried out by manufacturers of electric motors with the implementation of a national program of energy efficiency, strongly supported and funded by the Government.

Keywords: Energy Efficiency, Innovation, Electrical Motor.

INTRODUÇÃO

Esta pesquisa explora os movimentos de inovação tecnológica realizados na fabricação de motores elétricos focalizados na economia de energia. O desperdício de energia por máquinas elétricas de baixo rendimento reflete em transformações econômicas, sociais e institucionais. A melhoria da chamada “eficiência energética” das instalações fabris contribui para a conservação do meio ambiente baseado na preservação de recursos naturais que, no caso do Brasil, são fundamentalmente hídricos devido à matriz de geração de energia ser realizada principalmente por usinas hidroelétricas. A economia de recursos financeiros obtidos com a redução desta modalidade de desperdício poderiam ser canalizados para outras prioridades sociais em que o país é profundamente carente.

Geller (2003) afirma que os padrões de consumo de energia crescem a cada dia e não são sustentáveis. Desta forma, há que se buscar uma maior eficiência energética, que reduziria o crescimento do consumo de energia e diminuiria a demanda de investimento e melhoraria nos serviços de energia para as nações e famílias mais necessitadas.

O setor produtivo, em particular a indústria que requer a energia elétrica para prover os resultados econômicos e sociais almejados, faz uso da energia elétrica que é composta de duas parcelas. Uma parcela da energia que efetivamente produz “Trabalho” e outra parcela que é requerida decorrente das leis da física para criar as condições operativas de diversos equipamentos, também conhecida como energia reativa.

O princípio que fundamenta o funcionamento desses mecanismos é a Segunda Lei da Termodinâmica:

O motor elétrico é considerado uma máquina térmica cíclica. O trabalho realizado (W) por ciclo corresponde a uma parcela da energia da energia total (E_t) que é entregue ao sistema (motor), subtraída da outra parcela de energia dissipada (E_d) (reativa) que o sistema inercialmente consome sob diversas formas, (calor, atrito, deformação, etc).

A 2ª. Lei da Termodinâmica se expressa: $W = E_t - E_d$ (Eq. 1)

Determina-se o rendimento ou a eficiência da máquina térmica (motor) por meio da relação:

$$e = |W|/|E_t| \quad (\text{Eq. 2})$$

Ou,

$$e = (|Et| - |Ed|) / |Et| \quad (\text{Eq. 3})$$

O conhecimento histórico acumulado até hoje não possibilitou reduzir Ed a zero, situação em que se teria uma máquina perfeita com aproveitamento integral da energia que lhe fosse transferida. Entretanto, físicos e engenheiros pesquisam materiais, dispositivos e mecanismos que reduzem a energia reativa (Ed) e com isso reduzem o desperdício de energia. Os avanços e inovações tecnológicas nesse sentido têm sido notáveis.

A energia reativa é inerente aos processos de geração, transporte e consumo de energia elétrica, porém não produz trabalho.

A utilização de equipamentos superdimensionados no setor produtivo, o que costuma ser um caso muito comum na instalação de motores elétricos, possui uma influência direta na geração de energia reativa, uma vez que a energia reativa requerida por uma máquina está fortemente associada a sua construção, e quando ela opera com potência inferior à nominal, a componente reativa permanece associada à capacidade total do equipamento.

Esta condição poderia ser evitada, conforme alerta Castro (2008), pela aquisição de maquinário com potência diretamente integrada à produção efetiva, que reduz os custos de aquisição dos equipamentos de produção e os consequentes acessórios de compensação. No entanto, em face da maior efetividade do setor comercial das empresas vendedoras de equipamentos, o empresário é normalmente convencido a adquirir maquinário com potência muito superior àquela requerida para a sua produção.

As técnicas de marketing induzem o mesmo a acreditar numa rápida expansão dos negócios e assim evitaria a necessária substituição do maquinário produtivo. Essa atitude provoca um superdimensionamento dos equipamentos e, conseqüentemente, das instalações elétricas requeridas para acioná-los. Adicionalmente, esta atitude causa outro custo para a implantação de equipamentos corretivos ou simplesmente para o pagamento das faturas e das multas de faturamento do fornecimento desta energia adicional, desnecessária ou improdutiva, pelo não cumprimento do limite regulatório do fator de potência.

Ao observar o desenvolvimento das inovações tecnológicas no campo da eletricidade, percebe-se que elas demoram a se difundir. Entre os motivos desse descompasso estão a dependência do desenvolvimento de inovações complementares, a

viabilização de novos investimentos e a adequação estrutural de projetos às novas aplicações.

Segundo Tigre (2006), as primeiras descobertas no campo da eletricidade e do magnetismo datam do início do século XIX, quando Ampère e Joseph Henry descobriram que a corrente elétrica era induzida por mudanças no campo eletromagnético.

Tais descobertas estimularam pesquisas científicas em todo o mundo, gerando conhecimentos que logo foram postos em prática. As aplicações do eletromagnetismo apareceram a partir de 1840, com a invenção do telégrafo elétrico. Na década seguinte, surgiu o dínamo, seguido do motor elétrico.

O motor elétrico é um conversor eletromecânico baseado em princípios eletromagnéticos capaz de transformar energia elétrica em energia mecânica de utilização. Resumidamente, formam-se dois ímãs, um no estator, que é a parte fixa do motor, e outro no rotor, que é a parte girante do motor, cuja interação provoca o movimento do conjunto motor.

Foi o engenheiro eletricitista russo Michael von Dolivo Dobrowolsky, da empresa AEG, de Berlim, que entrou em 1889 com o pedido de patente de um motor trifásico com rotor de gaiola. O motor apresentado tinha uma potência de 80 Watts, um rendimento aproximado de 80% em relação à potência consumida e um excelente conjugado de partida (WOLFF, 2004).

A máquina de indução que foi desenvolvida por Dobrovolsky, em 1890, é a que mais se assemelha aos motores atuais. Porém anos antes de seu surgimento formal, o motor elétrico já tinha sido estudado, conforme exhibe a Figura 1 (SENS, 1985).

Quando surgiram, os motores elétricos eram grandes, pesados e custavam caro. Ao longo do tempo, ocorreu a redução de custo de fabricação, que o uso de matérias primas, com o uso de menos ferro e cobre, além de melhores materiais e técnicas de construção.

Desde então, os motores elétricos vem sofrendo inúmeras melhorias, evoluindo tecnologicamente ao longo dos anos, de maneira incremental, devido às modificações em seu projeto, variedade de aplicações, construção e fabricação.

O foco desta pesquisa está em avaliar a oportunidade do uso de novos motores de alto rendimento para a redução do consumo de energia elétrica nas indústrias brasileiras, fruto de desenvolvimento tecnológico incremental, levando em conta duas

situações principais: (i) instalação de motores novos; (ii) a substituição de motores já em operação. Na primeira hipótese, é quase sempre viável economicamente usar motores de alto rendimento, pois a diferença de investimento está presente apenas entre os custos dos dois modelos de motores.

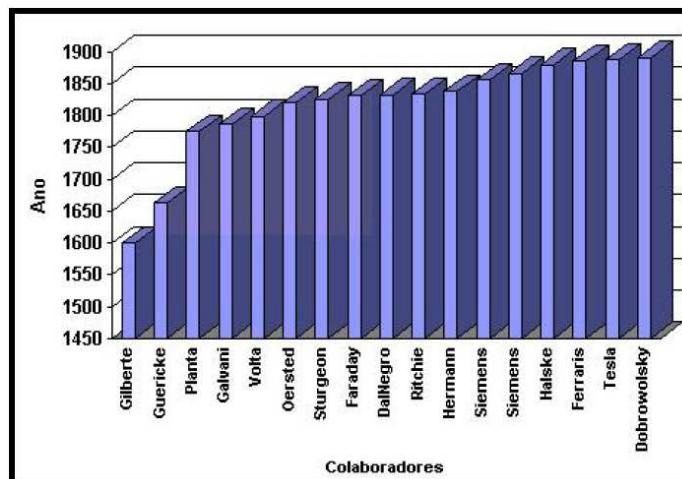


Figura 1. Participantes do desenvolvimento de motores elétricos (SENS, 1985).

Na segunda hipótese, o investimento a ser considerado é não só o custo total do motor de alto rendimento, mas também o custo de colocá-lo em funcionamento: estudo, a compra, frete, eventual adaptação da base e acoplamento, eventual mudança nos circuitos elétricos (relés térmicos e proteções), mão-de-obra para troca e condicionamento. Neste caso é razoável dobrar-se o custo dos motores.

A pesquisa objetiva, ainda, estimar os resultados obtidos com o uso destes motores com a aplicação da Lei de Eficiência Energética no potencial de conservação de energia elétrica na indústria brasileira (Lei no 10.295 de 17.out.2001 – BRASIL, 2001), a regulamentação do uso dos motores elétricos trifásicos, instituída pelo Decreto 4.508, de 11.dez.2002 (BRASIL, 2002) e as determinações indicadas na Portaria Interministerial número 553 MME/MCT/MDIC – Programa de Metas de dezembro de 2005.

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Ser energeticamente eficiente, segundo WEG (2008), nada mais é do que conseguir os melhores resultados na relação entre a quantidade de energia consumida, por determinado equipamento ou aparelho, e a quantidade de energia efetivamente utilizada por ele para realizar a tarefa a que se propõe. Este conceito pode ser estendido, inclusive, para edificações e processos.

Empresas de todos os tipos podem buscar a eficiência energética por meio da adoção de tecnologias que otimizem o uso da energia.

A LEI DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A aprovação da “Lei de Eficiência Energética” (Lei nº 10.295 de 17.out.2001 – BRASIL, 2001), cuja tramitação no Congresso Nacional iniciou em 1990, vem instituir a etiquetagem obrigatória no Brasil, mecanismo de reconhecida eficácia para melhorar o uso eficiente de energia. A Lei apenas regulamenta a decisão de estabelecer “níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no País” (BRASIL, 2001).

A lei, portanto, vale para equipamentos nacionais e importados. Programas de Etiquetagem (como o PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem) e Padronização (agora aqui introduzido com a Lei de Eficiência Energética) são técnicas consagradas e hoje adotadas em mais de 25 países (GARCIA, 2003).

Para regulamentar a lei, foi promulgado em 19 de dezembro de 2001 o Decreto 4.059 (BRASIL, 2001), que, para tal tarefa, criou o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética – CGIEE, com a participação dos ministérios MME (minas e energia), MCT (ciência e tecnologia) e MDIC (desenvolvimento, indústria e comércio exterior), as agências ANEEL e ANP, um representante das universidades e um cidadão brasileiro, ambos representantes especialistas em energia.

POTENCIAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

Não há dúvidas de que existe um bom potencial de redução de energia consumida na indústria brasileira. Geller (2003) afirma que o Brasil “teve algum sucesso em aumentar a eficiência no uso da eletricidade [...], porém muitas indústrias [...] ainda desperdiçam energia por causa de processos industriais ineficientes, equipamentos [...]. Por exemplo, os motores usados no Brasil são ineficientes para os padrões internacionais, assim como sobredimensionados e mal operados em muitos casos”.

Atualmente, a eficiência energética é uma questão crucial para a Humanidade. Geller (2003), em seu último livro *Energy Revolution*, afirma que “as atuais fontes de energia e padrões de uso são insustentáveis. O consumo cada vez maior de combustíveis fósseis causará enorme dano ao meio ambiente, riscos sem precedentes à mudança do

clima, e esgotará rapidamente as reservas de petróleo”. Não é uma mensagem pessimista, pois logo adiante acrescenta que uma “revolução energética” é possível e desejável. Enfatizando-se uma eficiência energética muito maior e ganhando-se confiança nas energias renováveis, todos os problemas relativos aos atuais padrões de uso de energia e suas tendências podem ser mitigados (GELLER, 2003).

Um livro que se tornou básico na literatura de eficiência energética no Brasil, resultado de um trabalho que começou em 1983-84 e terminou em 1989-90, tendo sido a primeira edição, em inglês, publicada em 1991, foi “O Uso Eficiente da Eletricidade: Uma Estratégia de Desenvolvimento para o Brasil”, de Howard Geller (1994).

Este livro destaca a eletricidade como “fator chave para impulsionar o desenvolvimento industrial brasileiro”. Aponta, ainda, os problemas para garantir o seu suprimento com taxas de crescimento de consumo elevadas e destaca o uso da eficiência energética como estratégia para reduzir a “taxa de crescimento da eletricidade sem diminuir os bens e serviços oferecidos”.

Neste sentido, dá um panorama das ações possíveis, analisam seus aspectos técnicos e financeiros, barreiras para a implantação, políticas possíveis para derrubar ou mitigar essas barreiras e constrói alguns cenários possíveis de demanda e conservação de energia. Recentemente, o mesmo autor publicou dois trabalhos importantes e também abrangentes, sendo um o livro “*Energy Revolution: Policies for a Sustainable Future*” (Geller, 2003), em cujo capítulo 6 propõe 12 políticas, de âmbito nacional, para a construção de um “Cenário Limpo de Energia” no Brasil.

Segundo WEG (2008), O relatório do Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID mostra que o Brasil pode economizar investimentos de US\$ 21,5 bilhões em geração de energia elétrica, aplicando apenas um terço disso (US\$ 6,7 bilhões) em eficiência energética até 2018.

Ao considerar o panorama de ações possíveis assinaladas por Geller e pelas indicações do relatório do BID, destaca-se o uso de motores mais eficientes. Estes motores são também conhecidos por motores de alto rendimento.

PROCEL

Em 1985-6, houve a redução das capacidades de expansão do setor elétrico por causa das baixas tarifas e juros do mercado internacional. Era preciso economizar eletricidade. Por esta razão, foi então criado o PROCEL - Programa Nacional de

Conservação de Energia Elétrica, cuja ação vai realmente implementar o uso eficiente da energia elétrica no Brasil (GARCIA, 2003).

As atividades do PROCEL são normalmente divididas em duas fases: até 1991 e após 1993 – há uma fase intermediária, em que a sua atuação foi mais apagada, como relata Villa Verde (2000). Na fase inicial, organizou-se a infra-estrutura necessária ao programa de etiquetagem e, realizaram-se diagnósticos energéticos e programas informativos e educacionais.

O PROCEL define como 11% a meta de conservação de energia elétrica no uso final até 2015 “em função do aumento da eficiência energética nos aparelhos elétricos [...] utilizados”. O Plano Decenal 2001-10 (Eletrobras, 2003) mostra resultados mais modestos, como mostra a Tabela 1.

A partir de 1993, o PROCEL foi reestruturado e passou a contar com recursos da RGR – Reserva Global de Reversão, cerca de US\$ 20 milhões para financiar projetos de eficiência energética (GELLER, 1998, apud ALMEIDA, 2001).

Geller (2003) enfatiza a atuação do PROCEL como exemplo de um programa nacional de eficiência energética sucedido apoiado fortemente e financiado pelo Governo em um trabalho de colaboração com o setor privado e outras instituições que objetiva tanto o desenvolvimento tecnológico quanto de mercado. O autor também demonstra a importância e a dificuldade de se manter um programa governamental de eficiência energética a longo prazo.

O PROCEL estendeu a sua área de atuação, chegando aos resultados expressos na Tabela 2. Segundo Ramos (2005), a maior vantagem na aplicação de recursos em programas de eficiência energética ocorre em função desta opção ser mais barata do que a geração de energia nova. O mesmo autor argumenta que investir em tecnologia de eficiência também demanda gastos de capital, porém, o retorno do investimento é mais rápido do que se produzir energia. Isto ocorre devido ao fato de quem produz a energia elétrica é uma empresa ou concessionária, e quem realiza a eficiência da energia é o consumidor, onde ambos possuem prioridades de investimentos diferentes e exigem tempos de retorno diferentes.

É importante lembrar que, como destaca Reis (2000), por meio da implantação de uma política energética abrangente e balanceada, incluindo programas de conservação de energia e eficiência energética, é possível reduzir as emergências e os cortes de energia elétrica evitando desconfortos e problemas para a população.

Segundo o Informativo Eletrobrás do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - ELETROBRÁS (2009), as ações do Selo Procel de Economia de Energia foram responsáveis por 94,7% dos 3,93 bilhões de kWh economizados ao longo do ano de 2007 pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, cabendo a economia restante ao Procel Educação (3,4%), ao Reluz (1,7%), ao Prêmio Procel e ao Procel GEM (0,1% cada). A performance total equivale a aproximadamente 1% do consumo de energia elétrica no Brasil no período, correspondendo ao fornecimento anual de uma usina hidrelétrica com capacidade instalada de 942 MW.

Tabela 1. Metas do Procel.

Ano	Conservação [GWh/ano]	Mercado 1 [GWh/ano]	*
2000	8.591	333.500	2,6%
2001	10.587	350.600	3,0%
2002	12.783	367.815	3,5%
2003	15.199	385.875	3,9%
2004	17.856	404.823	4,4%
2005	20.780	424.700	4,9%
2006	21.819	445.169	4,9%
2007	22.910	466.625	4,9%
2008	24.055	489.116	4,9%
2009	25.258	512.690	4,9%
2010	26.521	537.400	4,9%

Fonte: COMITÊ COORDENADOR DO PLANEJAMENTO DA EXPANSÃO DOS SISTEMAS ELÉTRICOS - CCPE. Plano Decenal de Expansão 2001-10. Cap. 2 – Mercado de Energia Elétrica, p. 40 e 41.

O PROCEL é reconhecidamente um dos programas governamentais que apresenta melhores resultados, e projeta fechar 2008 com investimentos em torno de R\$ 40 milhões, estimando um resultado global da ordem de 4,1 bilhões de kWh economizados em 2008. Os dados globais do programa também falam por si.

Os resultados acumulados desde 1985 – quando o PROCEL foi criado – representam uma economia total estimada em 28,5 bilhões de kWh. Essa energia

acumulada corresponde ao consumo de aproximadamente 16 milhões de residências durante um ano.

Tabela 2. Resultados do Procel (2a fase).

Resultados no período	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Investimentos aprovados (R\$ milhões) *	10	30	50	122	50	40	26
Energia economizada/geração adicional (GWh/ano)	344	572	1.970	1.758	1.909	1.862	2.300
Redução de demanda na ponta (MW)	70	103	293	976	532	418	640
Usina equivalente (MW)**	80	135	430	415	440	420	530
Investimento evitado (R\$ milhões)	160	270	860	830	880	840	1.060

*** Não incluindo os custos com pessoal da Eletrobrás/Procel e incluindo os recursos da RGR**

**** Obtidas a partir da energia economizada e geração adicional, considerando um fator de capacidade típico de 56% para usinas hidrelétricas e considerando 15% de perdas médias na Transmissão e Distribuição para a parcela de conservação de energia. Fonte: PROCEL**

As ações do Selo PROCEL de Economia de Energia foram responsáveis por 94,7% dos 3,93 bilhões de kWh economizados ao longo do ano de 2007 pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, cabendo a economia restante ao PROCEL Educação (3,4%), ao Reluz (1,7%), ao Prêmio PROCEL e ao PROCEL GEM (0,1% cada).

A performance total equivale a aproximadamente 1% do consumo de energia elétrica no Brasil no período, correspondendo ao fornecimento anual de uma usina hidrelétrica com capacidade instalada de 942 MW.

Os dados globais do programa também são significativos. Os resultados acumulados desde 1985 – quando o PROCEL foi criado – representam uma economia total estimada em 28,5 bilhões de kWh. (PROCEL, 2009).

O PROCEL gerou regulamento Específico que tem como objetivo regular as relações entre o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - Inmetro e/ou OCC, na qualidade de órgão certificador, e os fabricantes interessados na utilização da ETIQUETA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA - ENCE em suas linhas de produção, especificamente, Motores Elétricos de Indução Trifásicos.

O Regulamento Específico do PROCEL é constituído de parâmetros de orientação entre as partes e deverá ser anexado ao Contrato de Autorização para Uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia firmado entre as mesmas ao fim da fase de Controle para a Etiquetagem.

A Etiquetagem de Motores Elétricos de Indução Trifásicos, dentro dos parâmetros definidos neste Regulamento Específico, faz parte do cronograma anual acordado com os fabricantes, permitindo alcançar o objetivo precípua de uma etiqueta informativa como a ENCE, que é a comparabilidade entre todos os produtos comercializados de uma linha de produtos, em cada ano, de forma a situar o consumidor nas diversas faixas de rendimento e fator de potência disponível.

EVOLUÇÃO DOS MOTORES ELÉTRICOS

Segundo Castro (2008), desde seu descobrimento o motor elétrico passou por inúmeras alterações e para que atendessem às necessidades que surgiram ao longo dos anos foram desenvolvidos vários tipos de motores elétricos. Atualmente, estes motores são divididos em 3 grupos conforme as características da rede de alimentação no aspecto de frequência: Corrente Alternada - C.A.; Corrente Contínua - C.C. e Universal)

A Figura 2 apresenta a evolução dos motores elétricos. Nesta figura, é possível notar a redução de massa que os motores elétricos vêm sofrendo ao longo dos anos. Isto ocorre devido ao desenvolvimento de novos isolantes elétricos, materiais com melhores propriedades magnéticas e sistemas de ventilação mais eficientes (ELETROBRÁS, 2003).

O estudo da evolução dos projetos dos motores produzidos nos países industrializados a partir do final da década de 40 até o início dos anos 70 revela uma gradativa e significativa redução no tamanho e peso destes equipamentos conforme

visualizado na Figura 2. Esta redução de tamanho e peso em contrapartida ocorreram em detrimento do rendimento. Este fato pode ser explicado pela maior importância dada ao custo inicial do motor em relação ao seu custo de operação, tendo em vista o alto nível da oferta e o relativo baixo custo da eletricidade que caracterizaram este período.

Esta compactação dos motores foi conseguida graças, principalmente, ao surgimento de novos materiais isolantes capazes de suportar temperaturas duas ou mais vezes superiores e com melhores características dielétricas que aqueles utilizados até então.

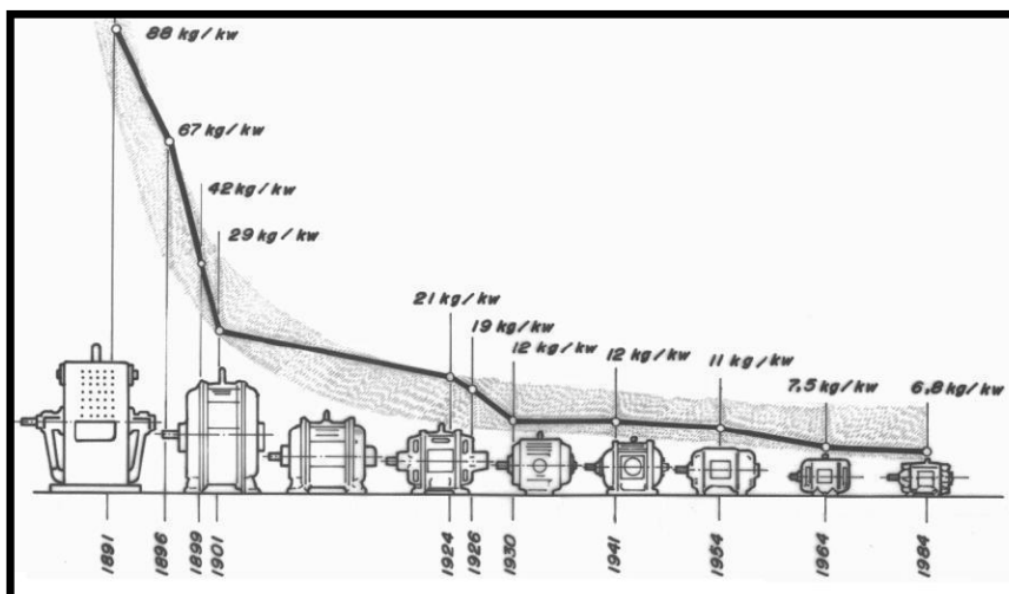


Figura 2. Evolução dos motores elétricos (ELETROBRÁS, 2003).

A consequência imediata foi a possibilidade de operação dos motores em temperaturas mais elevadas, admitindo-se, então, nos projetos, um maior nível de perdas internas com a diminuição dos volumes de ferro e cobre empregados na fabricação (HERSZTERG, 1996).

Este conceito de mudança tecnológica é destacado por Tigre (2006) como uma inovação incremental que, de acordo com o conceito schumpeteriano de inovação está diretamente orientado na melhoria da competitividade e, como descrito no manual de Oslo, é baseada no aperfeiçoamento tecnológico (OSLO MANUAL, 1997).

Ainda segundo Tigre (2006), as mudanças tecnológicas são usualmente diferenciadas por seu grau de inovação e pela extensão das mudanças em relação ao que havia antes. A gama de inovações observadas na atividade econômica é classificada por Freeman da seguinte forma, segundo seus impactos:

“O nível mais elementar e gradual de mudanças tecnológicas é representado pelas *inovações incrementais*. Elas abrangem melhorias feitas no *design* ou na qualidade dos produtos, aperfeiçoamentos em *layout* e processos, novos arranjos logísticos e organizacionais e novas práticas de suprimentos e vendas.

As inovações incrementais ocorrem de forma contínua em qualquer indústria, embora possam variar conforme o setor ou país em função da pressão da demanda, fatores socioculturais, oportunidades e trajetórias tecnológicas. Elas não derivam necessariamente de atividades de P&D, sendo mais comumente resultantes do processo de aprendizado interno e da capacitação acumulada.

A mudança tecnológica é considerada *radical* quando rompe as trajetórias existentes, inaugurando uma nova rota tecnológica. “A inovação radical geralmente é fruto de P&D e tem um caráter descontínuo no tempo e nos setores.”

Segundo estas características, descritas pelo autor, e constantes do manual de OSLO, determina-se que os dispositivos com as características semelhantes às do motor elétrico se enquadram na modalidade de inovação incremental com características de “*desenvolvimento tecnológico de um produto previamente existente cujo desempenho foi substancialmente aprimorado através da utilização de novas matérias-primas ou componentes e subsistemas de maior rendimento*”.

Porém, a construção dos motores com menos ferro e menos cobre significam maior densidade de fluxo magnético e elétrico e, portanto, maiores perdas.

As perdas tradicionalmente encontradas nos motores elétricos são apresentadas na Figura 3.

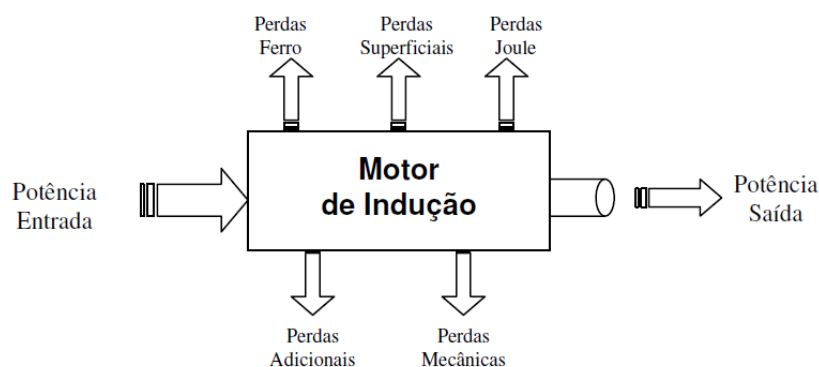


Figura 3. Perdas no motor elétrico de indução. Fonte (CASTRO, 2008).

Conforme Andreas (1992), durante o período de 1960 a 1975 os motores elétricos principalmente de 1 a 250 HP eram projetados para terem o menor custo

possível. Devido aos constantes aumentos no custo da energia elétrica a partir de 1972 surgiu a necessidade de melhorar o rendimento dos motores elétricos.

No ano de 1974, foi introduzida a primeira grande linha de montagem de motores eficientes (FELLOW, 1994).

Em 1977, a NEMA – *National Electrical Manufacturers Association* estabeleceu um programa de etiquetagem para os tipos mais comuns de motores, de 1 a 125 HP. Antes do programa, a eficiência nominal de um motor e a eficiência mínima eram anotadas na placa de identificação da máquina. A estratégia do programa de etiquetagem foi promover um padrão de medida da performance de um motor para comparação com motores de diferentes fabricantes (SANTOS, 2005).

Um ponto fraco do programa foi o número baixo de compras baseadas na placa de identificação do motor, pois a maioria delas eram feitas com base nos catálogos de fabricantes. Para solucionar este problema, em 1997, uma lei exigiu uma listagem da eficiência nominal dos motores em catálogos.

Segundo McCoy (1990), em 1989 a NEMA desenvolveu uma definição padrão para o motor de Alto Rendimento, ao qual tinha como objetivo auxiliar o usuário na comparação dos motores eficientes foi incluído uma tabela com os valores mínimos de rendimentos exigidos a 100% de carga.

Conforme Bartos (2001), os Estados Unidos, com o objetivo de colocar a eficiência energética na legislação como parte de questões mais vastas a conservação de energia, promulgou em 1992 a “*Energy Policy and Conservation Act (EPAAct)*” que se tornou efetiva em 1997. O alvo deste programa foi os motores elétricos utilizados na indústria. O EPAAct foi um regulamento inovador ao motor de eficiência padrão. Essencialmente, ele abrangia os motores trifásicos de 1 a 200 HP, com 2, 4 e 6 pólos, para aplicações gerais ODP (aberto, à prova de gotejamento) e TEFC (totalmente fechados com ventilação). Também contemplava os motores IEC importados para os EUA.

Em 2003, a NEMA publicou as tabelas 12-12 e 12-13 em que estabelece os valores mínimos de rendimentos aos motores classificados como Premium (ou eficiência melhorada), esta tabela abrangeu os motores de indução trifásico gaiola de esquilo (MITRGE) de 1 a 500 HP, 2, 4 e 6 pólos TEFC e ODP.

Os valores de rendimento estabelecidos por esta norma aos motores *Premium* e *High Efficiency* podem ser visualizados na Figura 4, onde se observa a superioridade do motor NEMA Premium.

Conforme Hertzterg (1996), o desenvolvimento tecnológico do motor elétrico no Brasil aconteceu de maneira semelhante à verificada nos países industrializados, no que diz respeito as dimensões, peso e rendimento. Deve ser destacada, porém, uma importante mudança de direcionamento dos projetos, ocorrida a partir de meados da década de 70, e que deve forte influência nas dimensões e características operacionais dos motores de indução trifásicos aqui produzidos. Esta mudança foi determinada pela incorporação às normas brasileiras (ABNT) dos critérios sugeridos pelas normas IEC européias; até então as normas brasileiras eram baseadas nas normas americanas – NEMA.

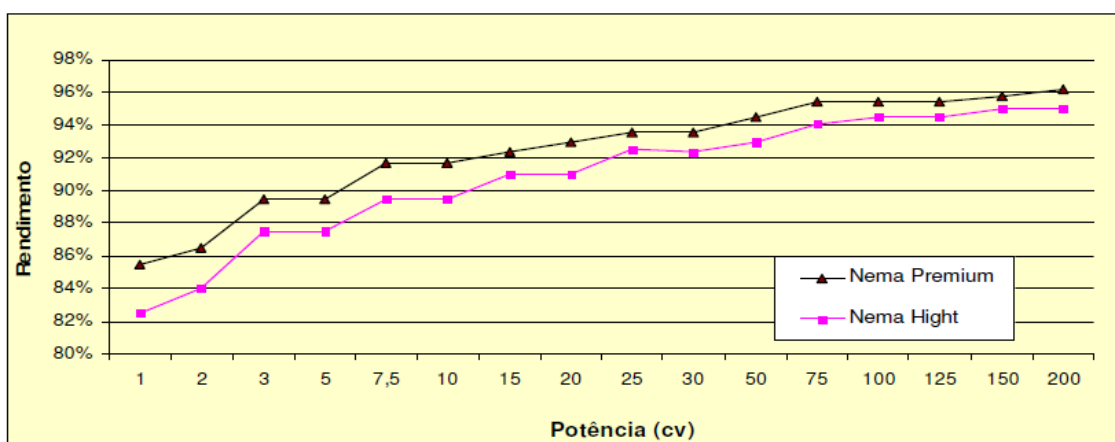


Figura 4. Comparação do rendimento dos motores americanos TEFC - 4 pólos conforme Norma NEMA. Fonte: Elaborado a partir dos dados obtidos em NEMA, 2003.

A adoção da normalização européia teve como conseqüências a diminuição dos custos de produção, o aumento dos conjugados e correntes de partida e a diminuição do rendimento da máquina. Outro fato importante relacionado aos projetos foi a adoção de materiais isolantes da classe “B”, até hoje em dia predominantes.

Segundo Schaeffer et al. (2005) a partir de 1990 os dois maiores fabricantes nacionais de motores trifásicos seriados – WEG Motores S.A e EBERLE S.A – lançaram, efetivamente, no mercado interno suas linhas de motores de Alto Rendimento; em média 35 a 50 % mais caras que as suas respectivas linhas “Standard”.

Em 17 de outubro de 1997, houve a aprovação da “Lei de Eficiência Energética” (Lei nº 10.295), cuja tramitação no Congresso Nacional iniciou em 1990, instituindo os níveis mínimos de eficiência energética ou máximos de consumo no Brasil, mecanismo de reconhecida eficácia para tornar mais eficiente o uso de energia.

O primeiro equipamento a ser regulamentado foi o motor elétrico de indução trifásico, rotor gaiola de esquilo, por meio do Decreto 4.508, de 11 de dezembro de 2002 (BRASIL, 2002).

O Decreto 4.508 estabelece, no Art. 3º, que “o indicador de eficiência energética a ser utilizado é o rendimento nominal” (BRASIL, 2002). Foram estabelecidas duas tabelas de rendimentos nominais mínimos, uma para os motores padrão e outra para os motores de Alto Rendimento, estes valores podem observados na figura 5.

A preocupação com eficiência energética levou os fabricantes a propor motores com maior custo de fabricação, mas com menor custo do ciclo de vida útil (custo de aquisição e custo de operação), os chamados *motores de alto rendimento*.

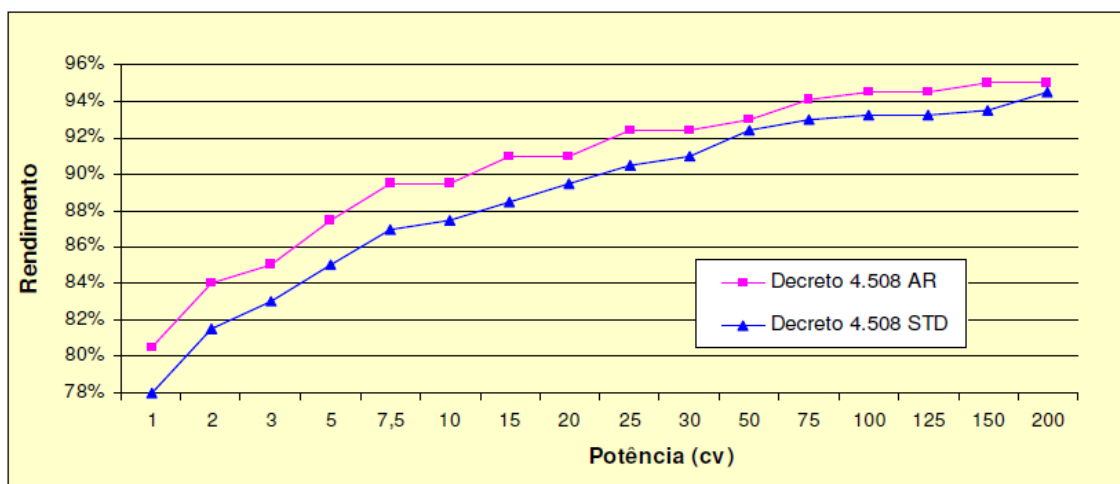


Figura 5. Rendimento dos motores nacionais TEFC - 4 pólos conforme Decreto 4.508. Fonte: dados obtidos no decreto 4.508 (BRASIL, 2002).

Estima-se, de acordo com os dados fornecidos por Garcia (2003), que os motores elétricos na indústria brasileira consomem 82.217 GWh/ano, o que equivale a 60% da eletricidade consumida no setor secundário e 27% do consumo brasileiro (vale lembrar que motores são usados também nos outros setores, o que eleva a sua participação).

Em relação à energia total, consomem 2.924 ktep/ano (tonelada equivalente de petróleo), significando 5% da indústria e 1,7% do total da energia consumida no país.

A Figura 6 apresenta a série histórica do BEN – Balanço Energético Nacional referente a toda a energia elétrica gerada no país por diversas fontes, obtido do Ministério das Minas e Energia (BEN, 2008), e a potência consumida pelos motores elétricos instalados em valores equivalentes em tonelada equivalente de petróleo (Ktep).

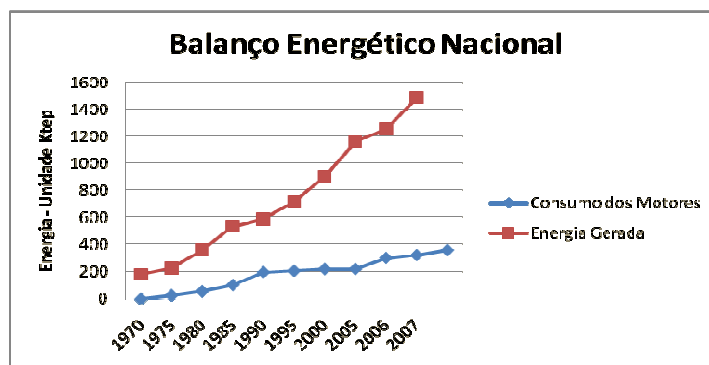


Figura 6. Balanço Energético Nacional - série 1970 a 2007 (BEN, 2008).

OS MOTORES ELÉTRICOS NA INDÚSTRIA

As atividades fabris requerem, a princípio, um motor robusto, de alta confiabilidade, boa eficiência, que reaja bem a variações de carga, com baixo custo. Alguns processos requerem variação de velocidade, com um bom controle. Ademais, algumas áreas, classificadas como áreas perigosas, exigem um equipamento que não provoque centelhas.

Há máquinas que existem em praticamente qualquer tipo de indústria: bombas para movimentação de líquidos, compressores e ventiladores para gases. Fábricas de alimentos e bebidas possuem muitas máquinas operatrizes, que movimentam e executam operações com latas, garrafas e outros objetos – são geralmente motores pequenos, algumas vezes de construção específica para sua tarefa. A indústria têxtil também possui máquinas dedicadas, tanto para fiação como tecelagem, de tecnologia secular.

Os setores de cimento, papel, celulose e química têm grande número de bombas, compressores e ventiladores, assim como grandes esteiras transportadoras, moinhos, agitadores, peneiras. Nestas indústrias, há muitos motores grandes, mas com boa incidência de motores pequenos para os serviços auxiliares.

A indústria de cerâmicas possui grandes misturadores, sopradores e muitas esteiras transportadoras. Mineração, siderurgia e fabricação de metais em geral, além das bombas, compressores e ventiladores, têm também moinhos, transportadores em grande quantidade e máquinas específicas para atividades de laminação, como por exemplo para puxar, dobrar e cortar (GARCIA, 2003).

O motor que melhor se adapta a estes serviços é o motor de indução trifásico, com rotor em gaiola de esquilo. De construção bastante robusta, sem partes faiscantes, com rendimento na casa de 90% exigindo quase nenhuma manutenção, barato, com poucas desvantagens: não varia a velocidade, operação degradada em baixa carga (baixos rendimento e fator de potência), alta corrente de partida (AMERICO, 2003).

O maior obstáculo em aplicações foi, até há cerca de vinte anos, a variação de velocidade, quando perdia em muito para o motor de corrente contínua (este, entretanto, é um motor caro, delicado, que exige muita manutenção e cuidado).

A solução veio com o avanço da eletrônica de potência, que produziu os conversores de frequência, equipamentos que convertem a corrente alternada da rede de frequência fixa (no Brasil, 60 Hz) em variável (que pode ir de 6 a 120 Hz). Adicionalmente, esta aplicação pode também servir para economizar energia (AMERICO, 2003; FILIPPO FILHO, 2002).

O motor de indução, trifásico, rotor em gaiola de esquilo, responde por 75% dos motores existentes no Brasil (AMERICO, 2003).

Na indústria, devido à utilização de motores de maior porte (dos 25% restantes, grande número se constitui de motores menores que 1 cv, monofásicos, com aplicação em equipamentos residenciais como geladeira, ar-condicionado, máquina de lavar, ventiladores, etc.) este número é seguramente maior, razão para nos atermos a ele.

No motor trifásico, a distribuição das bobinas das três fases no estator, defasadas de 120 graus, faz com que a soma dos campos magnéticos provocados por cada uma delas seja um campo uniforme e girante (Figura 7).

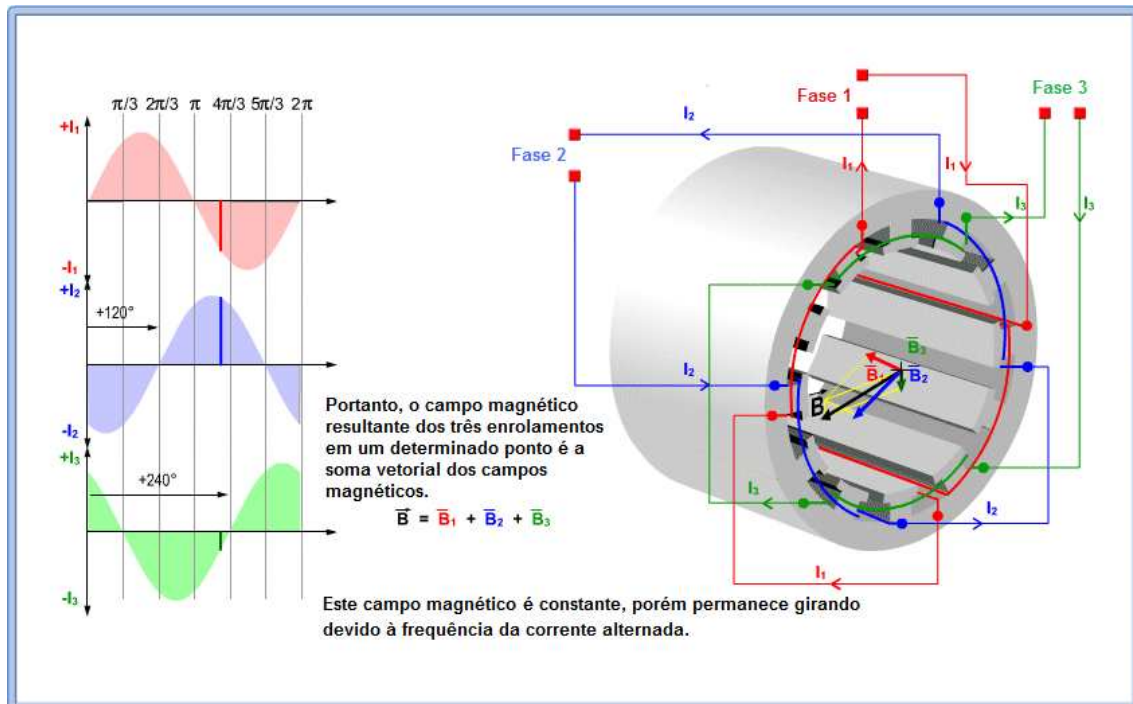


Figura 7. Campo magnético resultante de três enrolamentos (ALMEIDA, 2009).

Este campo circula nos núcleos magnéticos do estator e do rotor, provocando nas barras do rotor uma circulação de corrente. Esta corrente rotórica gera, por sua vez, um campo magnético que tende a opor-se ao movimento que o gerou (Lei de Lenz, como explica Kosow (1982)), de pólos opostos ao do estator.

O resultado é que o campo do estator arrasta o rotor girando, entretanto, sempre a uma velocidade maior do que esteja o rotor escorrega em relação ao campo girante, ou seja, a velocidade sofre um ligeiro decréscimo quando o motor passa de um funcionamento em vazio (sem carga) para um funcionamento em carga máxima.

O escorregamento é uma propriedade importante dos motores elétricos de gaiola e, pode ser obtido pela expressão a seguir:

$$S = (V_g - V) / V_g \quad (\text{Eq. 4})$$

onde,

S = escorregamento;

V_g = Velocidade do campo girante;

V = Velocidade do rotor.

Quando uma carga é colocada no eixo do motor, o rotor reduz a sua velocidade, aumentando o escorregamento.

Segue-se uma sucessão de eventos: o aumento da velocidade com que o campo magnético corta as barras do rotor – aumenta a corrente do rotor – aumenta o campo magnético gerado pelo rotor – diminui o campo magnético total – aumenta a corrente no estator – aumenta a potência elétrica fornecida ao motor.

O motor, portanto, se auto-regula para atender à carga no eixo: se aumentar a carga, diminui a rotação, aumenta a corrente do motor e aumenta a potência elétrica fornecida.

MOTORES DE ALTO RENDIMENTO

A definição de motor de alto rendimento surgiu em 1989, nos Estados Unidos, por meio da publicação da Tabela 12.6B, integrante da Norma MG1, da NEMA (1998). No Brasil, a última emenda da NBR 7094 (2000) da ABNT, definiu novos valores de rendimento, semelhantes à norma norte-americana citada acima.

Estudos mostram que, quando comparados aos motores padrão, o motor de alto rendimento pode apresentar um rendimento superior a ordem de 2 a 6% (Figura 8 e 9), sendo este aumento devido à menor quantidade de perdas, para a mesma potência mecânica (MOREIRA et al, 1998).

Porém, deve-se salientar que não existe vantagem nenhuma em adquirir um motor de alto rendimento e acoplá-lo a um equipamento ineficiente que trabalhe sobredimensionado.

Isto acaba provocando maiores gastos com energia, tendência muito comum, propositalmente ou por desconhecimento, sob a alegação de que manter uma potência reserva poderia aumentar a confiabilidade do acionamento (KREUTZFELD, 1988).

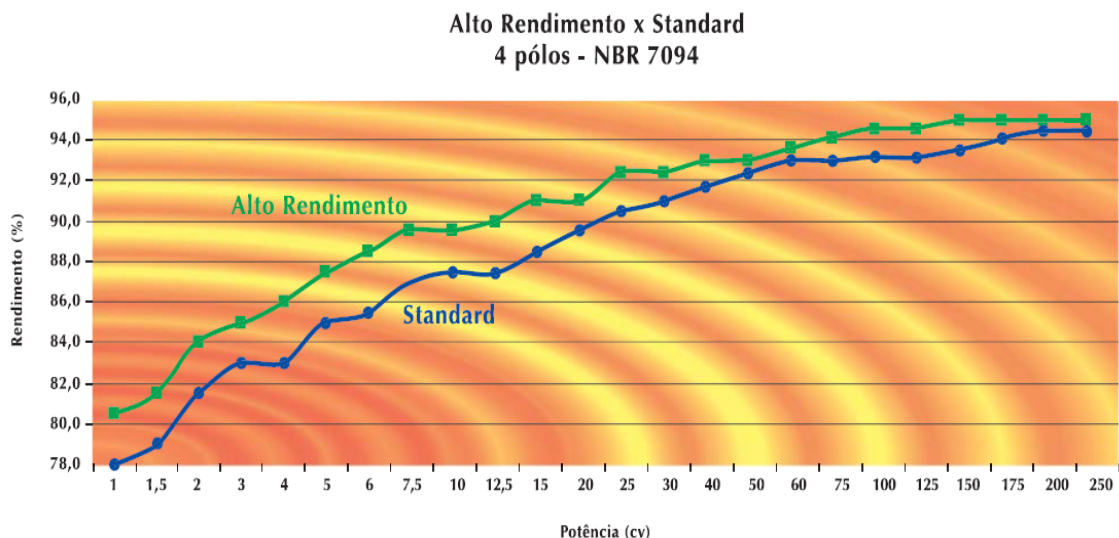


Figura 8. Comparativo entre motores convencionais e motores de alto rendimento - Adaptado de NBR 7094.

À época do primeiro estudo de Geller, no final da década de 80, os motores de alto rendimento tinham sido lançados há pouco tempo.

Os cálculos realizados indicavam um potencial de economia de 3% da eletricidade consumida no setor industrial, com uma suposição que os motores trifásicos abaixo de 200 cv seriam responsáveis por 80% do consumo do setor (o que parece razoável já que, apesar de muito consumirem, os motores acima de 100 cv representam 1,1% do total de motores trifásicos de indução vendidos no Brasil). Em 2003, o autor menciona a economia de 2 a 8%, dependendo do tamanho do motor, apenas com o estabelecimento de padrão de eficiência.

Conforme Eletrobrás (2001), os motores de Alto Rendimento representam uma boa alternativa, embora não sejam a solução definitiva para todos os problemas energéticos relacionados ao motor de indução, por serem tão susceptíveis a fatores exógenos (condição do alimentador, método de partida, ambiente de trabalho) como os motores de projeto padronizado.



Figura 9. Comparação entre o motor AR e o motor Standard. Fonte: Adaptada pelo autor de CASTRO (2006).

A REGULAMENTAÇÃO DE MOTORES

Um ano após a sua constituição legal, o CGIEE fez aprovar o Decreto 4.508/2002, que regulamentou a eficiência energética dos “motores elétricos trifásicos de indução com rotor gaiola de esquilo” (BRASIL, 2002).

É usado, também, nos setores residenciais, público, comercial e agro-pecuário, em aplicações como bombas, sistemas de ventilação, refrigeração e ar condicionado e máquinas diversas, chegando a representar um consumo de quase um terço da energia elétrica do país (GARCIA, 2003).

O Decreto 4.508 estabelece, no Art. 3o, que “o indicador de eficiência energética a ser utilizado é o rendimento nominal” (BRASIL, 2002).

Foram estabelecidas duas tabelas de rendimentos nominais mínimos, uma para os motores padrão e outra para os motores de alto rendimento, que reproduzimos na Tabela 1.

As colunas na Tabela 1 significam:

cv e kW - Potência nominal (mecânica, em ambos os casos) dos motores considerados;

P2, P4, P6 e P8 - Motores padrão com, respectivamente, 2, 4, 6 e 8 pólos;

AR2, AR4, AR6 e AR8 - Motores de alto rendimento com, respectivamente, 2, 4, 6 e 8 pólos.

Tabela 1. Rendimentos pela Lei da Eficiência Energética.

Potência nominal		Padrão				Alto Rendimento			
cv	kW	P2	P4	P6	P8	AR2	AR4	AR6	AR8
1	0,75	72,7	76,0	72,5	65,1	80,9	80,6	79,4	75,0
1,5	1,1	75,7	72,7	73,2	67,7	83,1	79,5	79,2	80,5
2	1,5	76,1	77,6	73,5	74,7	84,3	84,0	84,0	84,1
3	2,2	81,5	79,3	76,6	78,1	85,1	84,8	84,7	86,2
4	3	84,0	82,7	79,4	81,3	86,5	86,2	87,0	86,5
5	3,7	83,2	84,6	82,5	82,7	87,5	88,0	87,5	86,2
6	4,5	84,3	84,2	84,0	83,6	87,5	88,0	88,2	88,1
7,5	5,5	85,2	88,0	84,4	84,5	88,7	90,0	89,3	89,7
10	7,5	86,5	85,2	85,8	83,8	90,2	91,5	90,1	88,7
12,5	9,2	87,5	87,7	87,3	86,6	90,5	90,9	90,5	91,0
15	11	89,4	88,3	88,3	87,3	91,0	91,7	90,2	91,4
20	15	91,0	89,8	89,0	87,4	93,0	92,4	90,6	91,9
25	18,5	90,5	90,1	89,4	88,8	93,0	92,6	92,1	92,7
30	22	91,0	91,0	90,2	89,4	93,0	93,0	93,2	93,0
40	30	91,0	91,0	90,6	90,9	93,1	93,0	93,3	93,0
50	37	92,2	91,7	91,2	91,0	93,2	93,0	93,2	93,6
60	45	91,0	91,7	91,7	91,7	93,4	93,6	93,6	94,1
75	55	92,5	91,9	92,1	92,7	93,4	93,8	94,0	94,4
100	75	93,1	92,5	92,7	92,6	93,9	94,3	94,6	94,5
125	90	91,4	91,8	92,9	92,6	94,5	94,4	94,6	95,2
150	110	92,7	92,0	93,0	92,8	94,5	95,0	94,7	95,4
175	132	92,9	92,7	93,7		95,0	95,1	95,3	
200	150	93,3	93,4	93,7		95,0	95,3	95,4	
250	185	92,5	93,5			95,4	95,0		

Fonte: Decreto 4.508 (BRASIL, 2002).

O ESTADO DA ARTE NO DESENVOLVIMENTO DOS MOTORES ELÉTRICOS NO BRASIL

Segundo afirma Kugler (2009), a indústria brasileira volta a ter destaque no mercado internacional devido ao lançamento recente da linha de motores elétricos W22, baseada numa tecnologia que vem causando impacto no mercado de máquinas elétricas. O produto, que resultou do aperfeiçoamento de outra linha de motores, foi desenvolvido pela empresa Weg, situada em Jaraguá do Sul, no nordeste de Santa Catarina.

Três motivos fazem da linha de motores W22 um grande destaque no setor. O autor diz que:

“O maior mérito é garantir ótimo rendimento e, ao mesmo tempo, ser bem mais silencioso que os motores convencionais. Além disso, os novos equipamentos têm vida útil muito maior, por aquecerem menos e serem mais resistentes.”

O departamento de P&D da Weg desenvolveu um sistema de resfriamento com uma concepção mais aerodinâmica. Para isso, aperfeiçoaram o ventilador e as tampas defletoras – estruturas que, além de proteger o ventilador, servem para direcionar o fluxo de ar sobre o equipamento.

Desse modo foi possível direcionar o ar de maneira mais proveitosa, reduzindo significativamente a quantidade de ruído produzido pelo sistema. O design desses componentes – peças chave para o melhoramento eletroacústico do sistema – foi concebido por meio de simulações computacionais de dinâmica dos fluidos. Com o auxílio desse método, foi possível obter um escoamento mais uniforme do ar sobre a carcaça.

Esse escoamento está diretamente relacionado com a capacidade de resfriamento do motor. De forma simplificada, pode-se dizer que, quanto maior a velocidade do ar sobre a carcaça, maior a quantidade de calor removido. Isso otimizou o desempenho térmico do sistema.

Outro parâmetro que marca a evolução tecnológica dos motores W22 é a diminuição do ruído. Em alguns casos, obteve-se um decréscimo da ordem de seis decibéis no nível de pressão sonora. Isso significa que, devido ao comportamento logarítmico da escala de ruído, são necessários quatro motores da linha W22 para produzir o mesmo nível de ruído gerado por apenas um motor da linha anterior.

Como normalmente é o grau de aquecimento que determina o tempo de vida útil dos motores elétricos, esse aperfeiçoamento relativo ao fluxo de ar nos novos motores é responsável pelo aumento de sua vida útil.

Os motores da linha W22 já são comercializados em mais de 100 países e cerca de 40% da produção da Weg destina-se à exportação. E além do Brasil, a empresa é líder de mercado na África do Sul, Nova Zelândia e Argentina e encontra-se entre os principais líderes em mercados mais exigentes, como o norte-americano, o europeu, o canadense e o australiano.

Para que o desenvolvimento dessas novas tecnologias fosse possível, as parcerias entre a empresa e universidades foram de vital importância.

A Weg mantém convênios com diversas universidades, tanto no Brasil quanto no exterior. Alguns exemplos são os convênios com as universidades de Hannover (Alemanha), de Glasgow (Escócia) e do Texas (Estados Unidos).

No Brasil, a equipe de P&D está sempre em contato com a Universidade Federal de Minas Gerais, a Universidade de São Paulo, a Universidade Tecnológica Federal do Paraná e, especialmente, a Universidade Federal de Santa Catarina.

Atualmente, as pesquisas da empresa são apoiadas por um Comitê Científico e Tecnológico formado por professores pesquisadores das universidades citadas, que se reúnem todos os anos para discutir as últimas novidades sobre máquinas elétricas e acionamentos eletrônicos.

CONCLUSÕES

A análise dos dados disponíveis em bibliografia pertinente e a projeção feita para o conjunto da indústria brasileira permitem concluir que a Lei de Eficiência Energética já mostra importantes resultados e ainda trará uma importante contribuição para o uso mais eficiente da energia em motores com o passar dos anos.

Os motores da nossa indústria têm baixo carregamento. Deve ser estudada a hipótese de se adequar todos os motores às cargas acionadas. Isto exigiria um investimento em estudo de engenharia para o dimensionamento correto dos motores e um investimento para a troca das unidades sobredimensionadas, com eventuais adaptações mecânicas e elétricas.

Embora não se tenha uma avaliação precisa do potencial já explorado da eficiência de motores, há sinais de que muito já foi feito, entretanto ainda resta um bom potencial a ser explorado.

A adoção de algumas políticas públicas favoreceria a exploração do potencial de conservação de energia em motores. Entre estas as sugeridas por Geller et al. (2003), em recente trabalho, parecem adequadas ao incentivo de uso de motores de alto rendimento:

- o estabelecimento de metas de aumento de eficiência energética para indústrias, que adeririam voluntariamente ao programa em troca de facilidades na compra de energia, especialmente em condições de escassez e redução de impostos para compra de equipamentos eficientes;
- o aumento do percentual de faturamento das distribuidoras de energia elétrica obrigatório para aplicação em eficiência energética. O fundo seria gerido parte pelas próprias distribuidoras e parte pelos organismos estatais, podendo estimular o desenvolvimento de um mercado sustentável de eficiência energética, inclusive com aumento dos prazos requeridos para o retorno de capital.

Este trabalho também abordou que a adequação de carga de motores existentes superdimensionados, ou seja, sua troca por outros motores de menor potência normalmente é vantajosa para ambos os casos, e traz vários benefícios às empresas, tais como:

- Menor consumo de energia ativa (kWh);
- Aumento no fator de potência da instalação, ou seja, menor requisição de energia reativa (kVARh);
- Redução nos custos futuros com a manutenção, tanto dos motores como de seus equipamentos elétricos e mecânicos utilizados para seu funcionamento (rolamentos, contadores, relè térmico, disjuntor motor, etc.);
- Redução nos riscos de problemas com distorções harmônicas, uma vez que, a correção do fator de potência com capacitores, aumenta o risco de ressonância na instalação.

O trabalho motiva os usuários a racionalizar o uso de energia elétrica, identificar oportunidades de ganhos financeiros, ambientais e comprovar as vantagens na escolha da linha de motor entre os principais fabricantes nacionais.

Ao mesmo tempo, abordamos o desenvolvimento baseado em P&D para a melhoria dos motores elétricos, fruto de desenvolvimento tecnológico incremental.

Neste sentido, as mudanças tecnológicas são usualmente diferenciadas por seu grau de inovação e pela extensão das mudanças em relação ao que havia antes e, que, coloca o país em posição privilegiada frente aos concorrentes internacionais no atendimento à melhoria da eficiência dos motores elétricos para a racionalização do uso industrial de energia elétrica, redução de emissões e redução significativa do ruído ambiente das instalações (TIGRE, 2006).

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. A. O Potencial de Redução do Consumo de Energia Elétrica em Sistemas Eletromecânicos: Análise de Alternativas para seu Melhor Aproveitamento. Tese (Doutorado em Planejamento Energético). 2001. 447 p. Programa de Planejamento Energético, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.

ALMEIDA, A.A. Campos Girantes. Disponível em <<http://maquinas-utfpr.blogspot.com/2007/08/campos-girantes-2.html>> Acesso em: 25/7/2009.

AMERICO, M. Sistemas Motrizes: Eficiência Energética e Técnicas de Acionamento. Apresentações em PowerPoint em curso Cepel/Sebrae-RJ/UFF. Niterói-RJ, 2003.

ANDREAS, John C. Energy efficient electric motors: selection and application. New York 2ªEd.,1992. 272p.

BARTOS, Frank. J. Efficient Motors Can Ease Energy Crunch, Control Engineering, 5/1/2001. Disponível em: <<http://www.controleng.com/article/CA73845.html>> Acesso em 27 fev. 2008.

BEN. Balanço Energético Nacional. Ministério de Minas e Energia. 2008. Disponível em <http://www.mme.gov.br> Acesso em: 31 de maio de 2009.

BRASIL-a. Decreto 4.059 de 19. dez.01. Regulamenta a Lei no 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências. D.O.U., Brasília, DF, 20.dez.2001. Disponível em: <http://www.mme.gov.br>. Acesso em 24.abr.2003.

BRASIL-b. Decreto 4.508 de 11.dez.02. Dispõe sobre a regulamentação específica que define os níveis mínimos de eficiência energética de motores elétricos trifásicos de indução rotor gaiola de esquilo, de fabricação nacional ou importados, para comercialização ou uso no Brasil, e dá outras providências. D.O.U., Brasília, DF, 12.dez.2002. Disponível em: <http://www.energiabrasil.gov.br/decretos/decreto4508.pdf>. Acesso em 24.abr.2003.

BRASIL-c. Lei 10.295, de 17.out.01 – “Lei de Eficiência Energética”. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. D.O.U., Brasília, DF, 18.out.2001. Disponível em <http://www.mme.gov.br>. Acesso em 24.abr.2003.

CASTRO, Renato Archanjo. Análise de Viabilidade de Troca de Motores Elétricos Superdimensionados e a Influência da Energia Reativa, Campinas,: Faculdade de Engenharia Mecânica, Unicamp, 2008. 120 p. Dissertação (Mestrado).

ELETROBRÁS. Conservação de Energia: Eficiência Energética de Instalações e Equipamentos. Itajubá, MG: Editora da EFEI 2ª Ed., 2001. 467p.

ELETROBRÁS. Conservação de Energia: Eficiência Energética de Instalações e Equipamentos. 2.ed. Itajubá: UNIFEI, 2003.

ELETROBRÁS. Informativo Eletrobrás do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - Ano XX - Número 81 - Fevereiro de 2009.

FELLOW, Austin H. B. An Update on Ac Induction Motor Efficiency, IEEE paper no. PID 94-20, pp. 1362-1372, 1994.

FILIPPO FILHO, G. Motor de Indução. São Paulo: Érica, 2000.

GARCIA, A.G.P. Impacto Da Lei De Eficiência Energética Para Motores Elétricos No Potencial De Conservação De Energia Na Indústria. Dissertação de Mestrado, programas de pós-graduação de engenharia da universidade federal do rio de janeiro. UFRJ. RJ, 2003.

GELLER, H. S.: O Uso Eficiente da Eletricidade: uma Estratégia de Desenvolvimento para o Brasil. Rio de Janeiro: INEE, 1994.

GELLER, H. S. *Energy Revolution: Policies for a Sustainable Future*. Washington: Island Press, 2003.

GELLER, H. S. et al. *Policies for advancing energy efficiency and renewable energy use in Brazil*. *Energy Policy*. 2003. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com>. Acesso em: 10.set.2003.

GELLER, H. S. et al. *The efficient use of electricity in Brazil: progress and opportunities*. *Energy Policy*, vol. 26, no 11, p. 859-872, 1998. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com>. Acesso em: 10.set.2003.

HERSZTERG, Ivan. O Uso do Motor Elétrico na Indústria: Perspectivas de Conservação de Energia, Rio de Janeiro, RJ – Brasil, 1996, 175p.

KOSOW, I. L. Máquinas Elétricas e Transformadores. 4.ed. Tradução de Felipe Daillo e Percy Soares. Porto Alegre: Globo, 1982. 2 v.

KREUTZFELD, S. Motores de Alto Rendimento: uma economia viável? *Revista Eletricidade Moderna*, São Paulo, p. 30-37, out. 1998.

KUGLER, Henrique. Maquinas da Pesada. *Revista Ciência Hoje*, SBPC, vol. 44, número 259, p. 54-55, 2009.

MCCOY, G. A.; Litman, T.; Douglass, J. G. *Energy-Efficient Electric Motor Selection Handbook*, 1990, 50p.

MOREIRA, J.F., SOARES, G.A., TABOSA, R.P., SHINDA, R.. *Guia Operacional de Motores Elétricos*. Rio de Janeiro, RJ, 1988. P.92-101.

NBR 7094: Máquinas elétricas girantes – Motores de Indução – Especificação. ABNT. Rio de Janeiro, 1996. 50p.

NBR 7094: Máquinas elétricas girantes – Motores de Indução – Especificação. ABNT. Rio de Janeiro, 2000. 5p.

NEMA – *NATIONAL ELECTRICAL MANUFACTURERS ASSOCIATION. MG1: Motors and Generators*. Parte 30. 1998.

NEMA. Product Scope and Nominal Efficiency Levels, 2003. Disponível em: <<http://www.nema.org/stds/complimentary-docs/upload/MG1premium.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2008.

OSLO MANUAL. *A proposed guidelines for collecting and interpreting technological innovation data*. OEDC: *Statistical Office of the European Communities*, 1997.

RAMOS, M.C.E.S. Implementação de motores de alto rendimento em uma indústria de alimentos: Estudo de caso. Dissertação de Mestrado, Programa Interunidades de Pós-Graduação em energia. USP, SP. 2003.

REIS, L.B. Geração de Energia Elétrica. A geração de energia elétrica e o desenvolvimento sustentável. São Paulo: Zapt, 2000. P. 19-23.

SANTOS, André L. Avaliação do Potencial de Conservação de Energia em Motores Elétricos no Brasil – Universidade Federal de Itajubá, 2005, 110p.

SCHEAFER, Roberto; Oliveira, Sebastião E. M.; Garcia, Agenor G. P.; Silva, Tatiana L. V.; Monteiro, Luís F. C. Avaliação dos Índices de Eficiência Energética para Motores Trifásicos de Indução, Relatório Final, Rio de Janeiro: PPE/COPPE/UFRJ, 2005, 80p.

SENS, M.R. Avanços Tecnológicos nos Motores Elétricos. Revista Eletricidade Moderna, São Paulo, p. 23-27, abr. 1985.

TIGRE, Paulo B. Gestão da Inovação: A Economia da Tecnologia no Brasil. 2. Ed. Rio de Janeiro – RJ. 2006.

VILLA VERDE, V. S. A Conservação de Energia Elétrica no Novo Modelo Institucional do Setor Elétrico Brasileiro. 2000. 99 p. Tese (Mestrado em Planejamento Energético) – Programa de Planejamento Energético, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.

WEG, Motores Elétricos: WEG Em Revista, Nº 55 - Nov./Dez. Jaraguá do Sul: 2008. Disponível em: <<http://www.weg.net/br/Media-Center/WEG-em-Revista>> Acesso 20 jun. 2009.

WOLFF, Joca. O Motor Elétrico: Uma história de energia, inteligência e trabalho. 1ª Ed., Rio de Janeiro: Editora UNERJ, 2004. 84p.

OTIMIZAÇÃO DE SISTEMA ELEVATÓRIO PREDIAL EM FUNÇÃO DO PERFIL DE CONSUMO

Felipe Cioffetti Marques
Centro Universitário Padre Anchieta

1. Resumo

O dimensionamento de reservatórios, tanto para residências quanto em edifícios, é baseado em valores médios de consumo e não leva em consideração a variação deste consumo ao longo do tempo, sendo também comum a divisão de volumes entre o reservatório inferior e o reservatório superior sem base analítica ou experimental.

Será apresentado neste trabalho, uma breve síntese dos tipos de sistemas abastecimento prediais atuais, algumas ferramentas para otimização disponíveis no mercado, a formulação matemática do problema proposto e as considerações aplicadas para o desenvolvimento do mesmo e os resultados obtidos.

2. Abstract

The sizing of reservoirs in such a way for residences how much on buildings, it is based on average values of consumption and does not take in consideration the variation of this consumption throughout the time, and also inferior and superior the division of volumes between reservoirs is effected without analytical or experimental base.

One brief synthesis of the types of current land systems will be presented available supplying, some tools for optimization in the market, the mathematical formularization of the considered problem and the considerations applied for the development of the same and the gotten results.

3. Objetivo

Minimizar a somatória dos níveis máximos dos reservatórios superior e inferior para priorizar a reserva inferior, pois quanto maior o reservatório superior, maior é a carga da edificação, o que resulta custos elevados na estrutura.

4. Revisão Bibliográfica

4.1. Tipos de abastecimento

O sistema de abastecimento pode ser classificado basicamente em sistema direto e indireto. Tais sistemas podem ser divididos da seguinte forma:

a) Sistema direto sem bombeamento

Consiste em uma ligação direta dos pontos de consumo na rede urbana, desde que essa ligação garanta as condições de vazão, pressão e continuidade suficientes para o bom desempenho da instalação.

b) Sistema direto com bombeamento

Quando a vazão e/ou a pressão não podem ser garantidas pelo o sistema direto sem bombeamento, é necessário a introdução de um sistema de bombeamento para que haja o funcionamento correto e o desempenho esperado da edificação.

c) Sistema indireto com reservatório superior

É classificado sistema indireto quando há uma separação pelo meio atmosférico entre tubulação de alimentação da rede urbana e a da edificação, geralmente isso ocorre por meio de uma torneira de bóia e um reservatório. Dessa forma, as pressões e vazões são garantidas por um reservatório imediatamente superior aos pontos de consumo.

d) Sistema indireto com reservatório superior e bombeamento

Quando a pressão não é suficiente para abastecer o reservatório superior é instalado um sistema de bombeamento para elevar a pressão podendo assim superar a altura da edificação.

e) Sistema indireto com reservatórios inferior e superior

Este tipo de instalação é a mais comum no Brasil para vencer as elevadas alturas dos edifícios, e consiste em um reservatório inferior que recebe o abastecimento da rede urbana por meio de um sistema de bombeamento que alimenta o reservatório superior, que por sua vez será responsável pelo abastecimento dos pontos de consumo, garantido as condições de vazão, pressão e continuidade.

4.2. Ferramentas de otimização

a) Histórico

A otimização faz parte da índole humana. Desde seu surgimento, o *homo sapiens* vem se dedicando a minimizar esforços e maximizar os retornos de alguma atividade por ele desenvolvida, que no princípio de sua existência limitava-se à própria sobrevivência. Durante a segunda guerra mundial, a United States Air Force organizou um grupo de pesquisadores de nome SCOOP (Scientific Computation of Optimum Program), sob a direção de Marshall K. Wood, para tentar solucionar o problema de alocação de recursos limitados de modo a otimizar objetivos. George B. Dantzig era um dos membros deste grupo, e embora nenhum método de expressivo sucesso fosse descoberto durante a guerra, ele formulou o problema de programação linear geral e inventou o Método Simplex em 1947. No entanto, o seu trabalho só foi amplamente avaliado em 1951, quando Cowles Commission Monograph nº 13 o publicou.

Foram desenvolvidos alguns métodos práticos de solução para o problema de programação linear baseado no Método Simplex entre 1948 e 1952. Durante estes anos, algumas atenções foram dirigidas para uso dos primitivos equipamentos computacionais, limitados em alcance e sucesso. Os quatro maiores obstáculos para resolver problemas de programação linear - PL foram enfrentados em 1952 e durante os dois ou três anos posteriores. Segundo o autor foram eles:

- a) Achar uma solução básica inicial, ponto de partida do algoritmo;
- b) Resolver o problema de guardar a situação de degeneração;
- c) Reduzir a área de memória e o número de operações aritméticas requeridas sem causar limitações de uso;
- d) Manter precisão numérica suficiente para a obtenção de resultados significativos.

(LOESCH, 1999, p.15)

Foi prontamente reconhecido que achar uma solução básica viável inicial era o mesmo problema que achar uma solução ótima partindo daquela. Problemas de degeneração e semidegeneração foram amplamente discutidos em vários trabalhos publicados na época, e as dificuldades ocasionais foram resolvidas. Com relação à redução de operações aritméticas e espaço de armazenagem, a forma produto da inversa foi desenvolvida em 1953 e bem aceita, exceto em algumas circunstâncias muito especiais como a forma Standard, o método Simplex Revisado, desenvolvido por Dantzig e outros para RAND Corporation foi publicado neste ano. Em 1954, o uso da

dupla precisão numérica veio a resolver o último dos obstáculos mencionados, se bem que o uso da dupla precisão numérica aumente o tempo de operação aritmética, suscitando muita controvérsia sobre o dilema da precisão numérica versus tempo computacional.

A parametrização do lado da mão direita do problema de PL, bem como dos coeficientes da função objetivo, são extensões importantes do problema, e estas técnicas foram inicialmente usadas em 1954 e 1955, tornando-se de amplo uso em 1957. Os algoritmos de parametrização foram desenvolvidos simultaneamente.

Em 1957 outros aperfeiçoamentos ocorreram: o aperfeiçoamento das técnicas de inversão de matrizes, a manobra de variáveis implicitamente limitadas e a introdução do algoritmo dual, cuja teoria já havia sido lançada em 1953. Nenhum destes desenvolvimentos foi de grande uso durante muitos anos, entretanto eles são agora características padrões, em versões melhoradas, de sistemas de programas computacionais para PL. Desde 1957, todos os aspectos da PL foram desenvolvidos em ritmo veloz. As técnicas de decomposição foram estudadas desde 1953, porém tais técnicas eram na época impraticáveis ou ineficientes. Entretanto, com a publicação, em 1959, do algoritmo Dantzig-Wolfe, o interesse por estas técnicas cresceu muito. Por volta de 1963, os desenvolvimentos voltaram seus interesses para os programas computacionais e considerações sistêmicas, especialmente as técnicas algébricas. Grandes passos também foram dados em discernir novas aplicações para a programação linear.

b) Programação Inteira e Mista

Os problemas de Programação Inteira e Mista são caracterizados com a presença de ao menos uma restrição de integridade. Entende-se por restrição de integridade imposta a uma variável, a exigência feita quanto aos possíveis valores que podem ser assumidos pela variável, o qual deve assumir um número inteiro.

c) Programação Não-Linear

A programação não-linear objetiva otimizar funções (maximizar ou minimizar) sujeitas ou não a um conjunto de restrições. Diferentemente da programação linear, a função objetivo não necessita ser linear, nem mesmo suas restrições necessitam ser lineares. Ao contrário também da programação linear, não existe um método Simplex.

Os algoritmos de resolução de problemas de programação não-linear são classificados pelo seu número de variáveis de decisão, pelo uso ou não da derivada e pela presença ou não de restrições.

d) Algoritmos de Otimização

Existem diversos algoritmos de otimização, porém a utilização requer uma programação direta intensa e exaustiva, pois a maneira de implantação de cada algoritmo ser diferente um do outro.

A partir disso, surgem diversos softwares como interface do usuário e os algoritmos que transformam a linguagem de programação em qualquer algoritmo integrado ao software, alguns permitem a escolha de qual algoritmo o usuário deseja usar.

Alguns destes softwares recebem destaque, como o Solver do Microsoft Excel, AMPL, LINDO, GAMS e etc.

5. Materiais e Métodos

5.1. Descrição do Problema

No problema proposto, existem em suas restrições uma não linearidade que resulta em programação não-linear e também possui variáveis binárias que conseqüentemente induz a uma programação inteira e mista, com a união dos tipos de programação. Nesse sentido, chegamos à conclusão de que os problemas serão solucionados por um algoritmo que consiga otimizar uma programação não-linear inteira e mista.

O propósito da função objetivo, mostrada na equação 5.1 ,é minimizar a somatória do volume do reservatório superior multiplicado por um coeficiente de priorização e do volume do reservatório inferior multiplicado por um outro coeficiente de priorização, para isso a modelagem desenvolveu-se em três etapas que serão descritas a seguir.

$$MIN(Z) = (V_{inf} \times PR_{inf}) + (V_{sup} \times PR_{sup}) \dots\dots\dots (5.1)$$

Onde:

ZFunção objetivo

V_{inf} Volume do reservatório inferior

PR_{inf} Coeficiente de priorização do reservatório inferior

V_{sup} Volume do reservatório superior

PR_{sup} Coeficiente de priorização do reservatório superior

5.2. Primeira etapa

Nesta primeira fase, elaboramos as equações de forma que tanto as vazões de abastecimento e bombeamento poderiam assumir qualquer valor, respeitando somente limites de continuidade, que restringem os níveis dos reservatórios, sendo elas expressas conforme as equações mostradas abaixo.

$$NV_{(SUP)i+1} = NV_{(SUP)i} - \left(\frac{Qc_i}{A_{SUP}} \right) + \left(\frac{Qb_i}{A_{SUP}} \right) \dots\dots\dots (5.2)$$

$$NV_{(INF)i+1} = NV_{(INF)i} - \left(\frac{Qb_i}{A_{INF}} \right) + \left(\frac{Qa_i}{A_{INF}} \right) \dots\dots\dots (5.3)$$

Onde:

$NV_{(SUP)}$ Nível do reservatório superior;

Qc_i Vazão de consumo;

Qb_i Vazão de bombeamento;

A_{SUP} Área da base do reservatório superior;

$NV_{(INF)}$ Nível do reservatório inferior;

Qa_i Vazão de abastecimento;

A_{INF} Área da base do reservatório inferior;

A equação 5.2 determina que o nível do reservatório superior em um instante futuro seja igual ao nível do instante atual menos o nível de consumo neste mesmo instante mais o nível bombeado também neste mesmo instante.

Já a equação 5.3 determina que o nível do reservatório inferior em um instante futuro seja igual ao nível do instante atual menos o nível bombeado neste mesmo instante mais o nível de abastecimento também neste mesmo instante.

5.3. Segunda etapa

Acrescentaram-se restrições quanto à vazão de bombeamento e o número máximo de horas de funcionamento da bomba.

Para a determinação da vazão de bombeamento foram desprezados os valores de altura de sucção e recalque, bem como perdas de cargas e ponto de funcionamento, e tornou-se uma variável do problema, tendo como único parâmetro a volume total consumido dividido pelo número de horas de funcionamento da bomba, conforme mostrado na equação 5.4.

$$Q_b = \frac{\sum_i Q_{c_i}}{NHF} \dots\dots\dots (5.4)$$

Onde:

Q_b Vazão de bombeamento;

Q_c Vazão de consumo;

NHF Número de horas de funcionamento da bomba;

5.4. Terceira etapa

Como passo final, foi excluída a liberdade da vazão de abastecimento, colocando duas restrições quanto às vazões máximas e mínimas do funcionamento do hidrômetro, conforme mostra as equações 5.5 e 5.6.

$$Q_a \leq Q_{h_{max}} \dots\dots\dots (5.5)$$

$$Q_a \geq Q_{h_{min}} \dots\dots\dots (5.6)$$

Onde:

Q_a Vazão de abastecimento;

Qh_{max} Vazão máxima de leitura do hidrômetro;

Qh_{min} Vazão mínima de leitura do hidrômetro;

6. Resultados

Para a aplicação do modelo, foi necessário realizar algumas considerações, conforme lista a seguir:

- a) Admitiu-se um perfil de abastecimento de rede urbana como o perfil de consumo;
- b) Estipulou-se o caso como um sistema elevatório de abastecimento de um edifício composto de reservatório inferior, superior e bomba;
- c) Assumiu-se o valor de consumo médio diário por habitante de $0,15\text{m}^3/\text{dia}$;
- d) Adotou-se uma população de 50 habitantes;
- e) Definiu-se as áreas de base dos reservatórios tanto o superior quanto o inferior de 1m^2 ;
- f) Adotou-se um hidrômetro da linha 9000 de fabricante LAO, cuja sua classificação é *Multijato Classe "C"- modelo M9111C*, que possui as características de funcionamento: vazão máxima de $3,00\text{m}^3/\text{h}$ e vazão mínima de $0,015\text{m}^3/\text{h}$;
- g) Implementou-se um custo no reservatório superior como sendo 20 vezes o valor do custo do reservatório inferior;
- h) Limitou-se o número máximo de horas de funcionamento da bomba em 6 horas;
- i) Utilização do software GAMS (General Algebraic Modeling System);

6.2. Primeira etapa

Lembrando que as variáveis de vazão estão em sua liberdade total, e aplicando o modelo, foram encontrados os resultados mostrados na Tabela 6.1 e na Figura 6.1.

Tabela 6.1 – Resultados da otimização com liberdade total

Tempo [h]	Qa [m ³ /h]	Qb [m ³ /h]	Qc [m ³ /h]	Bomba	Vinf [m ³]	Vsup [m ³]
1	0,165	0,165	0,165	ligada	0	0
2	0,183	0,183	0,183	ligada	0	0
3	0,189	0,189	0,189	ligada	0	0
4	0,204	0,204	0,204	ligada	0	0
5	0,197	0,197	0,197	ligada	0	0
6	0,229	0,229	0,229	ligada	0	0
7	0,233	0,233	0,233	ligada	0	0
8	0,294	0,294	0,294	ligada	0	0
9	0,336	0,336	0,336	ligada	0	0
10	0,355	0,355	0,355	ligada	0	0
11	0,458	0,458	0,458	ligada	0	0
12	0,477	0,477	0,477	ligada	0	0
13	0,457	0,457	0,457	ligada	0	0
14	0,400	0,400	0,400	ligada	0	0
15	0,356	0,356	0,356	ligada	0	0
16	0,340	0,340	0,340	ligada	0	0
17	0,337	0,337	0,337	ligada	0	0
18	0,343	0,343	0,343	ligada	0	0
19	0,393	0,393	0,393	ligada	0	0
20	0,433	0,433	0,433	ligada	0	0
21	0,386	0,386	0,386	ligada	0	0
22	0,279	0,279	0,279	ligada	0	0
23	0,222	0,222	0,222	ligada	0	0
24	0,233	0,233	0,233	ligada	0	0

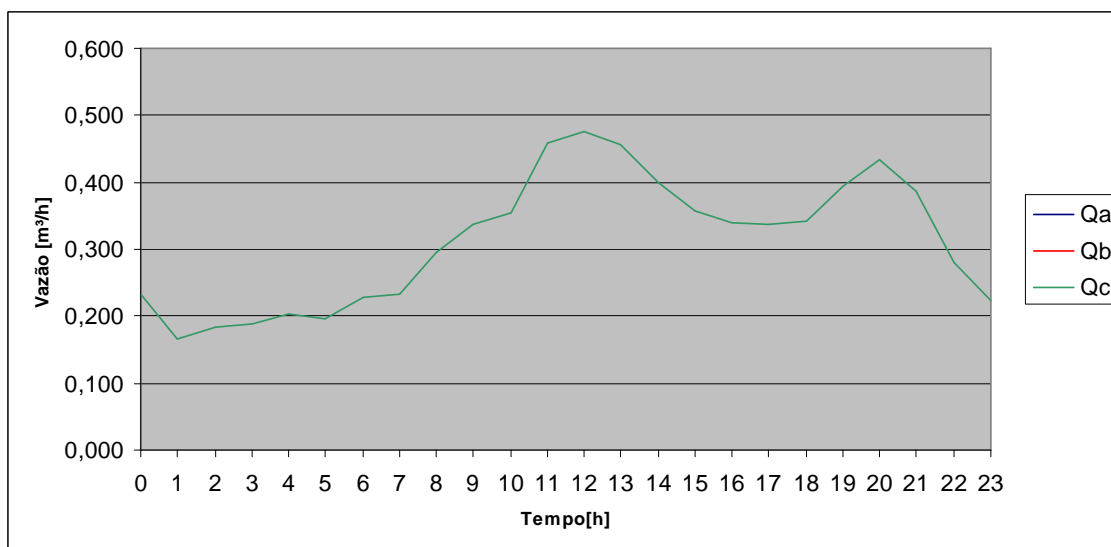


Figura 6.1 – Resultados das vazões otimizadas com liberdade total

Observando a tabela a figura 6.1, nota-se que as vazões de abastecimento, bombeamento e consumo são idênticas, isto se explica devido ao fato de minimização de volume armazenado que nesta etapa é igual à zero, que é o funcionamento de uma instalação predial do tipo direto com bombeamento.

6.3. Segunda etapa

Como nesta fase a vazão de bombeamento deixou de ser livre, e passou a ter um limite de operação, nota-se o reservatório superior mantém o seu nível muito próximo do seu limite inferior e uma vez ele o iguala a zero. Apesar da semelhança com o sistema indireto com bombeamento, nota-se uma grande diferença nos volumes de armazenamento, o qual seria calculado através do produto da vazão média diária da população ($0,15\text{m}^3/\text{h.hab}$) pela sua quantidade (50hab), que resultaria em 7.500 litros, enquanto o modelo nos fornece a quantia de 1.062 litros, conforme pode ser observado na tabela 6.2 e nas figuras 6.2 e 6.3.

Tabela 6.2 – Resultados da otimização com restrição operacional

Tempo [h]	Qa [m ³ /h]	Qb [m ³ /h]	Qc [m ³ /h]	Bomba	Vinf [m ³]	Vsup [m ³]
1	0,000	0,000	0,165	desligada	0	0,553
2	0,000	0,000	0,183	desligada	0	0,388
3	0,000	0,000	0,189	desligada	0	0,205
4	1,250	1,250	0,204	ligada	0	0,016
5	0,000	0,000	0,197	desligada	0	1,062
6	0,000	0,000	0,229	desligada	0	0,865
7	0,000	0,000	0,233	desligada	0	0,636
8	0,000	0,000	0,294	desligada	0	0,402
9	1,250	1,250	0,336	ligada	0	0,108
10	0,000	0,000	0,355	desligada	0	1,022
11	0,000	0,000	0,458	desligada	0	0,667
12	1,250	1,250	0,477	ligada	0	0,208
13	0,000	0,000	0,457	desligada	0	0,982
14	0,000	0,000	0,400	desligada	0	0,525
15	1,250	1,250	0,356	ligada	0	0,125
16	0,000	0,000	0,340	desligada	0	1,020
17	0,000	0,000	0,337	desligada	0	0,680
18	0,000	0,000	0,343	desligada	0	0,343
19	1,250	1,250	0,393	ligada	0	0,000
20	0,000	0,000	0,433	desligada	0	0,857
21	0,000	0,000	0,386	desligada	0	0,423
22	1,250	1,250	0,279	ligada	0	0,038
23	0,000	0,000	0,222	desligada	0	1,009
24	0,000	0,000	0,233	desligada	0	0,786

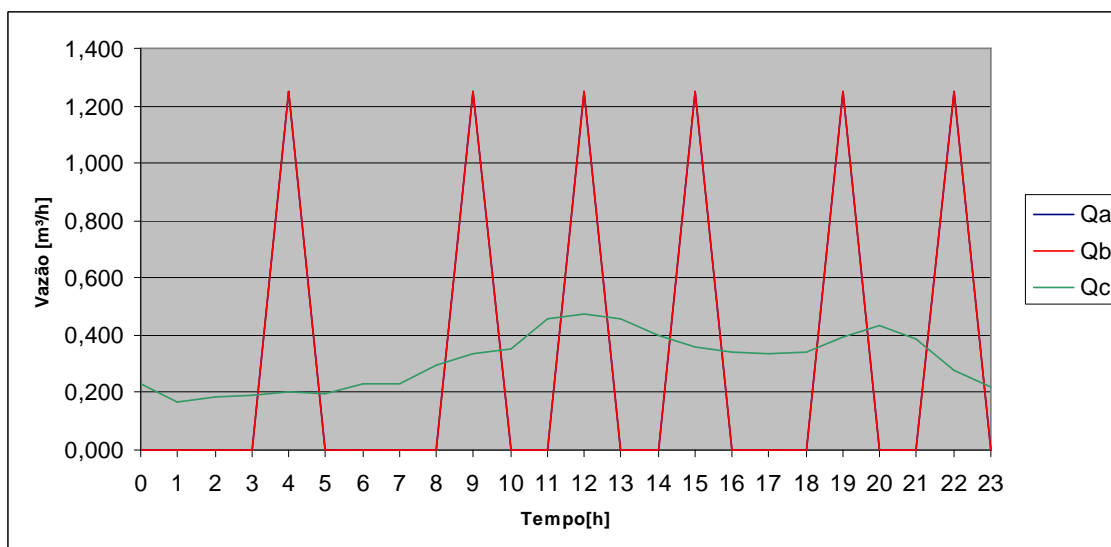


Figura 6.2 – Resultados das vazões otimizadas com restrição operacional

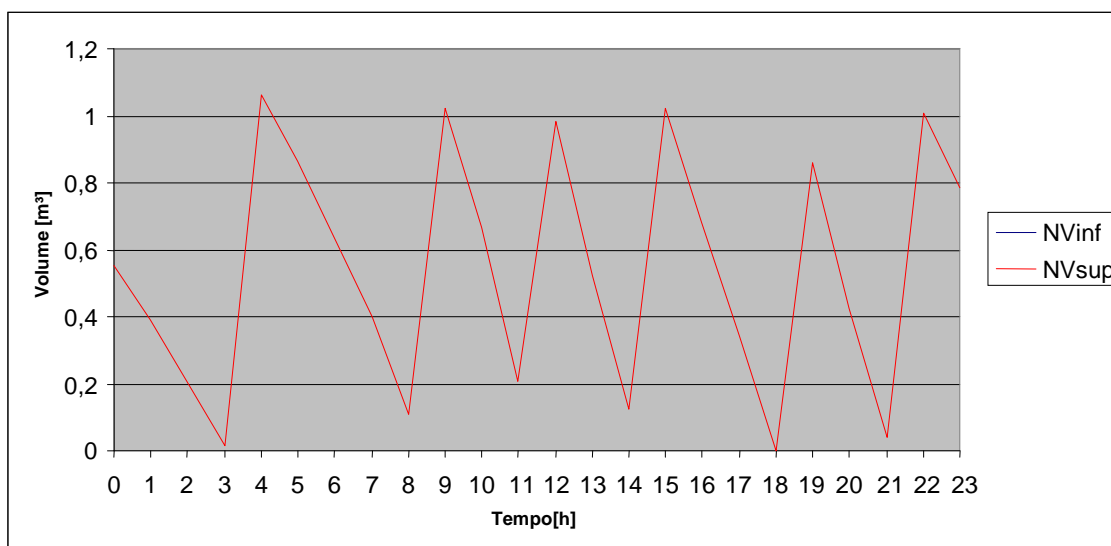


Figura 6.3 – Resultados dos volumes otimizados com restrição operacional

6.4. Terceira etapa

O acréscimo das restrições de limites de vazão mínima e máxima do hidrômetro resultou novamente em um sistema de instalação muito comum e utilizada no Brasil, que é o sistema indireto com reservatório superior e inferior. Porém, novamente com grandes diferenças de valores em relação ao que são normalmente utilizados. Por meio da recomendação para a separação dos volumes de reservatórios superior e inferior, encontraríamos o volume de 3.000 litros para o reservatório superior e 4.500 litros para o inferior, que totaliza os 7.500 litros apresentados na etapa anterior. Mas o modelo

novamente retorna o valor de reservatório superior de 1.062 litros e agora um inferior de 75 litros conforme tabela 6.3 e figuras 6.4 e 6.5.

Tabela 6.3 – Resultados da otimização com restrição operacional e vazões

Tempo [h]	Qa [m ³ /h]	Qb [m ³ /h]	Qc [m ³ /h]	Bomba	Vinf [m ³]	Vsup [m ³]
1	0,015	0,000	0,165	desligada	0,030	0,553
2	0,015	0,000	0,183	desligada	0,045	0,388
3	0,015	0,000	0,189	desligada	0,060	0,205
4	1,175	1,250	0,204	ligada	0,075	0,016
5	0,018	0,000	0,197	desligada	0,000	1,062
6	0,018	0,000	0,229	desligada	0,018	0,865
7	0,018	0,000	0,233	desligada	0,036	0,636
8	0,018	0,000	0,294	desligada	0,054	0,402
9	1,223	1,250	0,336	ligada	0,072	0,108
10	0,015	0,000	0,355	desligada	0,045	1,022
11	0,015	0,000	0,458	desligada	0,060	0,667
12	1,220	1,250	0,477	ligada	0,075	0,208
13	0,015	0,000	0,457	desligada	0,045	0,982
14	0,015	0,000	0,400	desligada	0,060	0,525
15	1,205	1,250	0,356	ligada	0,075	0,125
16	0,015	0,000	0,340	desligada	0,030	1,020
17	0,015	0,000	0,337	desligada	0,045	0,680
18	0,015	0,000	0,343	desligada	0,060	0,343
19	1,175	1,250	0,393	ligada	0,075	0,000
20	0,050	0,000	0,433	desligada	0,000	0,857
21	0,020	0,000	0,386	desligada	0,050	0,423
22	1,180	1,250	0,279	ligada	0,070	0,038
23	0,015	0,000	0,222	desligada	0,000	1,009
24	0,015	0,000	0,233	desligada	0,015	0,786

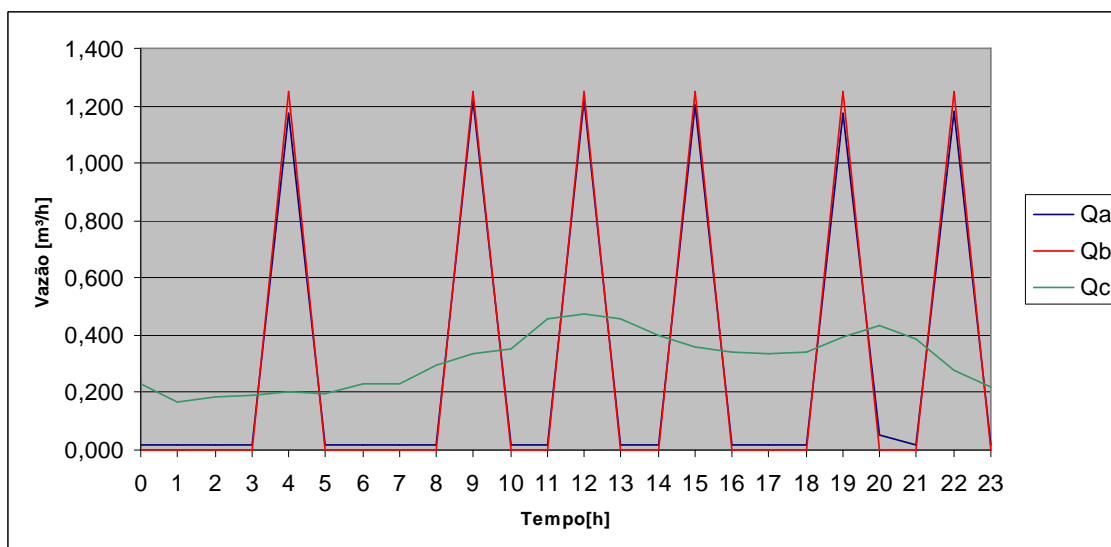


Figura 6.4 – Resultados das vazões otimizadas com restrição operacional e vazões

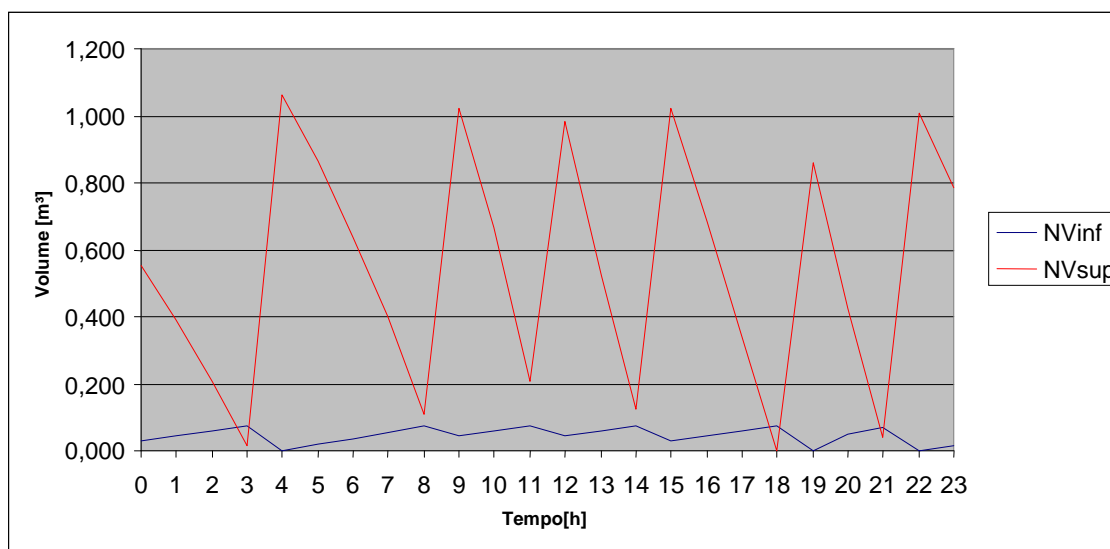


Figura 6.5 – Resultados dos volumes otimizados com restrição operacional e vazões

7. Conclusões

Os volumes de reservatórios podem ser reduzidos bruscamente (cerca de 84%), desde que a concessionária garanta continuidade do fornecimento, lembrando que este modelo fez algumas considerações que não devem ser levadas em um projeto real, pois poderão ocorrer falhas no sistema. Além disso, é necessário um perfil de consumo mais apurado, por falta de pesquisas acerca do deste tema.

8. Referência Bibliográfica

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Bombas e Instalações de Bombeamento**. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S/A. 2 ed., 1997.

NETTO, J. M. A. **Manual de Hidráulica**. Editora Edgard Blucher Ltda. 8° ed., 1998.

LOESCHE, Cláudio. **Pesquisa Operacional: Fundamentos e modelos**. Editora da FURB, 1999.

ILHA, Marina Sangoi de Oliveira; GONÇALVES, Orestes M.. **TT/PCC/08: Notas de Aula sobre Sistemas Prediais de Água Fria**. São Paulo, 1994.

Aplicação da Tecnologia VOIP na Gestão Estratégica da Empresa: Estudo de Caso na Empresa KONTAK

DENIS ALONSO GUTIERREZ
Universidade Cruzeiro do Sul

MARCELO ELOY FERNANDES
Universidade Nove de Julho – UNINOVE

JULIANO SCHIMIGUEL
Centro Universitário Anchieta - UNIANCHIETA

RESUMO

A capacidade de transmissão de voz sobre a camada de protocolos TCP/IP, também chamada de Voz sobre IP ou VoIP (*Voice Over IP*), permite a integração de voz e dados em uma única estrutura, possibilitando a comunicação entre localidades remotas a baixíssimo custo. O objetivo maior deste artigo foi analisar e demonstrar aplicações VoIP em redes do mercado corporativo, suas vantagens e aplicações e a viabilidade na utilização de tal ferramenta no mundo corporativo. O método aplicado a este artigo enquadra-se no modelo qualitativo semi-estruturado na forma de estudo de caso único. O cliente ao qual foi baseado o estudo de caso será a empresa Kontak, organização do setor de *call center*, localizada na região leste de São Paulo, com grande parte dos custos operacionais ligados à gestão de telefonia, devido ao ramo de negócio da organização. Os resultados obtidos pós implantação de tal tecnologia, apontam para a redução nos custos das ligações entre filiais, clientes e fornecedores, bem como um melhor controle dos processos operacionais e na gestão estratégica da organização no que tange gestão em tecnologia de voz e dados. A viabilidade do negócio é comprovada pelo rápido retorno no investimento que tal tecnologia trouxe a organização em questão.

Palavras Chave: Voz sobre IP, Conexão, Protocolo, Transmissão.

1. Introdução

Talvez a principal limitação dos sistemas tradicionais de transporte de tráfego telefônico seja justamente a sua inadequação para a transmissão de dados. A comunicação de dados cresceu intensamente, tornando-se representativa da “Era da Informação”, sendo comandada pelo crescimento da própria Internet. Eventualmente, o volume do tráfego de dados ultrapassa o volume do tráfego tradicional de voz. Apesar de ter uma série de pontos fortes, como padronização estabelecida, transparência na interoperabilidade entre grande parte de seus elementos de *hardware/software*, capilaridade, estabilidade e aceitação, não há como negar que a PSTN (como é conhecida no jargão em inglês *Public Switched Telephone Network*) e sua tecnologia distintiva, comutação de circuitos não foram originalmente desenhadas para transportar dados de forma eficaz. Enquanto o tráfego de voz é considerado como mais previsível e estável, com ligações de duração média de 3 a 4 minutos, o tráfego de dados é imprevisível, ocorre em “rajadas” e apresenta duração média superior (LEONEL, 2003).

A comutação de circuitos baseia-se na reserva de largura de banda pela duração de uma chamada telefônica (64 kbps). Tal característica apresenta vantagens e desvantagens: se por um lado viabiliza com grau de qualidade para as interações telefônicas, por outro

representa um desperdício de recursos de rede, já que essa largura de banda fica reservada durante toda a duração da chamada em curso. Uma rede de transmissão de dados em pacotes, em contrastes, consegue usar de forma mais otimizada a largura de banda disponível (por meio de facilidades como multiplexação estatística, por exemplo), viabilizando um grau superior de utilização dos ativos de rede sem comprometer a função de transportar os sinais de voz envelopados em pacotes de dados.

A capacidade de realização de uma chamada telefônica por meio da Internet tem sido demonstrada e comercializada desde 1995. Contudo, prover este tipo de serviço com qualidade e satisfazendo às necessidades dos usuários de empresas é uma outra questão. Para que o sistema de pacotes de voz seja implementado, ele deve satisfazer às expectativas que o sistema público de telefonia já realiza há décadas aos seus usuários (GUIMARÃES, 1999).

1. OBJETIVO GERAL E ESPECÍFICO

O objetivo geral deste artigo é avaliar o quanto a tecnologia ou solução VoIP agrega de valor econômico em relação às transmissões de voz da empresa. Já o objetivo específico é avaliar o quanto a tecnologia VoIP poderá reduzir os valores gastos em ligações entre sites e funcionários até à marca de custo zero.

A metodologia utilizada nesta pesquisa baseia-se na coleta de dados semi-estruturados na forma quantitativa. Para dar sustentabilidade à coleta de dados fundamentamos o método como estudo de caso único (Yin, 1989).

2. CONCEITOS BÁSICOS DA TECNOLOGIA VOIP

A voz é um sinal analógico produzido pela excitação de um tubo acústico de 17 cm, chamado de canal ou aparelho vocálico. Começa na glote e termina nos lábios.

Quando desejamos transmitir voz por meio de uma rede telefônica, temos que transformá-la em um sinal elétrico, também analógico. Na telefonia convencional, esta função é realizada pela cápsula receptora do aparelho telefônico. Se, ao invés de utilizarmos a telefonia convencional, desejarmos transmitir a voz através de uma rede de computadores, cujo meio de transmissão é digital, devemos, antes de enviá-la, transformá-la em um sinal digital.

Voz sobre IP (VoIP) é uma tecnologia que permite realizar chamadas telefônicas e enviar fax sobre uma rede de dados IP, como se estivesse utilizando a Rede Telefônica Pública Convencional (RTPC).

3. APLICAÇÕES E BENEFÍCIOS DA VOZ SOBRE IP

A telefonia IP definida pelo conceito do uso de uma rede IP para o transporte de serviços de telecomunicações, ainda é um mundo distante para as *incumbents*, que investiram bilhões em suas redes tradicionais e não pensam em transformá-las em IP antes que esses investimentos sejam amortizados.

Todas, no entanto, já aderiram ao serviço de voz sobre IP, baseados em redes *Frame Relay* ou *ATM*, e dizem que esse é um mundo real, uma tendência que veio para ficar e que caminha para a oferta no mercado de novos aplicativos - seja na forma de produtos, como os *PABX IP*, seja como soluções que agreguem valor ao negócio (LEONEL, 2003). São com essas novidades que elas esperam compensar a perda de receita quando um cliente corporativo opta por serviços de VoIP, em detrimento da voz sobre circuito. "É inevitável: a VoIP tira um potencial de receita, e acrescenta em dados, mas não compensa a perda de receita com a voz

tradicional. A saída para as empresas de telecom é o valor adicionado. É preciso colocar mais aplicações em cima do IP", resume Luiz Gonzaga Vilela Neto, diretor geral de comunicação de empresas da Telefônica Empresas.

Quando se fala em VoIP, o serviço é relacionado à perda pela concessionária, porque transforma o tráfego telefônico, especialmente de longa distância (uma receita considerável), em tráfego interno de rede de dados, que não é remunerado da mesma forma. "A questão da perda é relativa, porque o cliente que usa VoIP tem que pagar pelo *link*, por uma conexão de boa qualidade; então, existe um redirecionamento dessa receita para outros serviços", pondera Mauro Amorim, gerente sênior de produtos da diretoria de marketing e soluções integradas da Embratel. "No futuro esse ganho vai ser em aplicações".

"Falar ao telefone vai virar *commodity* (mercadoria) e vai ganhar dinheiro quem oferecer o transporte de VoIP com qualidade e aplicações de valor adicionado, como por exemplo, PABX IP. Há um interesse grande das empresas por serviços IP e, no futuro, vão predominar duas interfaces, a voz e um *browser* programa que permite navegar na *web* e em sites de FTP), ou seja, tudo vai ser por meio da Internet ou de um portal de voz", completa Amorim. Segundo ele, desde 2000, os clientes da Embratel trafegam voz em cima da Internet. "Estamos, agora, trabalhando para que três pontos funcionem em sintonia: a rede do cliente, a conexão do cliente com o *backbone* da Embratel e a conexão com a rede de destino", diz Amorim, enfatizando que a prestadora acredita plenamente que VoIP já é uma realidade. Esses clientes estão praticamente no eixo Rio-São Paulo-Minas Gerais. "Já temos mais de mil portas em VoIP e clientes com mais de 50 pontos", destaca Amorim.

4. ESTUDO DE CASO

No final do mês de Janeiro de 2007, a empresa Kontak, uma empresa de viagens que faz parte de um grupo de empresas da América Latina chamada L`Aliança Travel Network que atua no setor de turismo, e também atuante no mercado oriental, entrou em contato com a empresa Digiserver.

A Digiserver é uma empresa especializada em prover soluções de Voz e Dados que atua no mercado de Telecomunicações no estado de São Paulo.

A empresa Kontak, estava em busca de soluções que pudessem trazer economia em relação às transmissões de voz da empresa. Como a empresa Kontak possui sites em países diferentes como Tóquio (Japão), São Paulo (Brasil) e Buenos Aires (Argentina) e dois escritórios sendo eles em Campinas (Brasil) e Osaka (Japão), os valores gastos em ligações e chamadas entre sites representavam uma fatia significativa de descontos na receita da empresa.

5. COLETA DE DADOS E INFORMAÇÕES (ANTERIOR A IMPLANTAÇÃO DA TECNOLOGIA VOIP)

Para dar início ao projeto, foi necessário primeiramente obter informações e dados do cliente. Os processos utilizados foram de modo geral reuniões, conferências e documentações solicitadas. O primeiro passo foi entender como funcionava ou como era estabelecida a comunicação da empresa com os sites remotos, funcionários, clientes e fornecedores. Estas informações foram obtidas por meio de uma reunião geral com gerentes e responsáveis da empresa Kontak. Nesta reunião, ficou claro o processo de comunicação utilizado entre os sites.

Conforme a Figura 1 (Autores, 2008), todas as ligações entre sites eram recebidas e originadas (bidirecional) por meio de linhas Digitais (*link* E1) fornecidas pela operadora

Telefônica. Como todos os sites remotos se encontram fora da cidade de São Paulo, todas as ligações eram tarifadas como DDD.

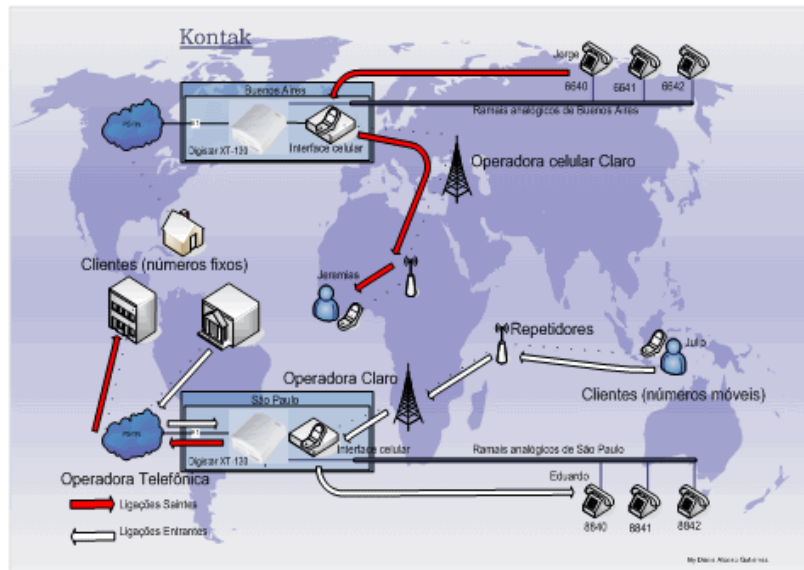


Figura 1 – Comunicação entre sites “antes” (Autores, 2008)

A comunicação entre os funcionários externos e funcionários internos era estabelecida por meio de celulares e interfaces celulares. Conforme Figura 2 (AUTORES, 2008), graças a um plano corporativo de uma operadora (operadora Claro), os valores tarifados entre os celulares eram bem menores em comparação a de outras operadoras, mas mesmo assim eram significativos.

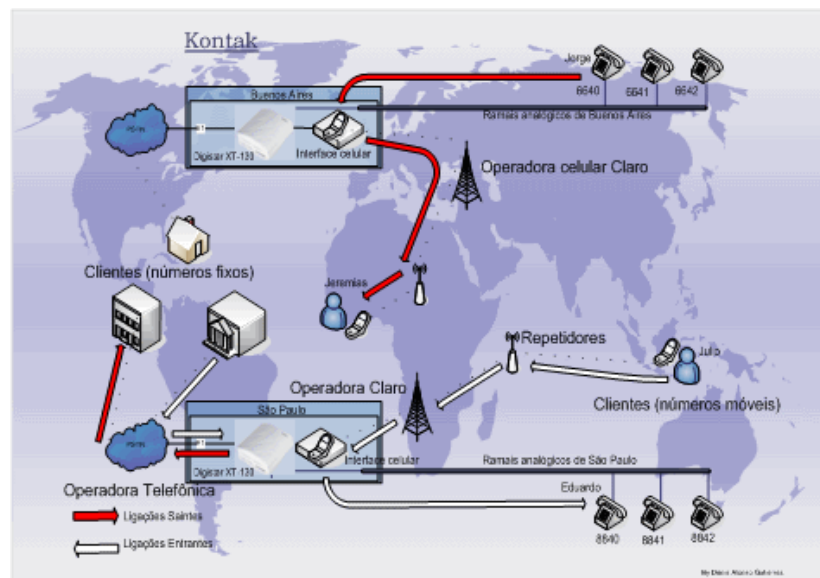


Figura 2 – Comunicação entre funcionários “antes” (Autores, 2008)

Conforme Figura 3 (Autores, 2008), para se comunicar com os clientes e fornecedores, os usuários utilizavam o *link* digital E1 (números fixos) da central e interfaces celulares (números móveis).

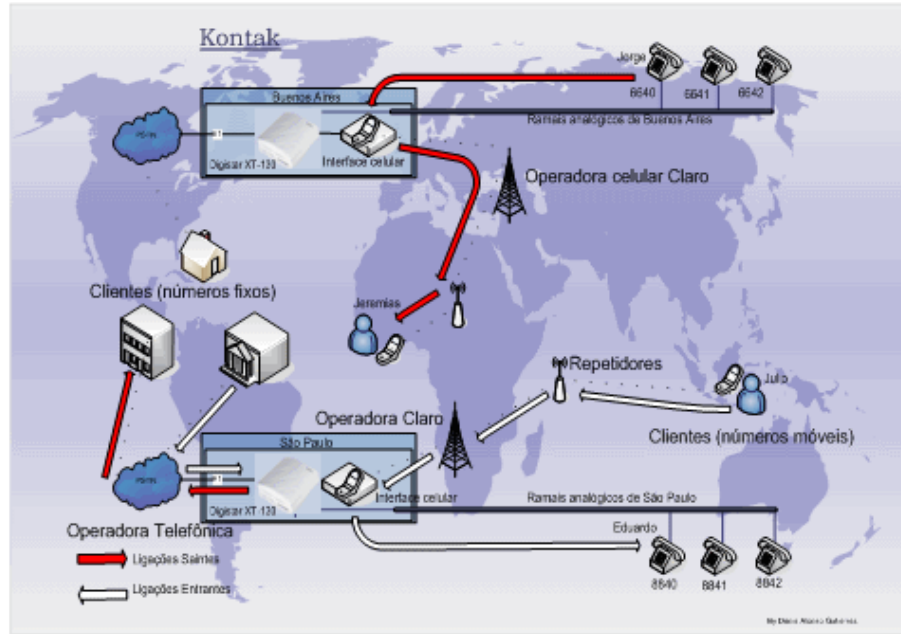


Figura 3 – Comunicação entre clientes “antes” (Autores, 2008)

Durante a reunião o cliente também comentou que nos sites de Campinas e Buenos Aires existiam grupos de atendimento ao cliente (*Call Center*) que por motivo de custo foram desativados. O único site que ainda possuía um grupo de atendimento ao cliente era o site de São Paulo. Conforme Figura 4 (Autores, 2008) cada site possuía uma estrutura de atendimento local ou grupo de atendimento ao cliente.

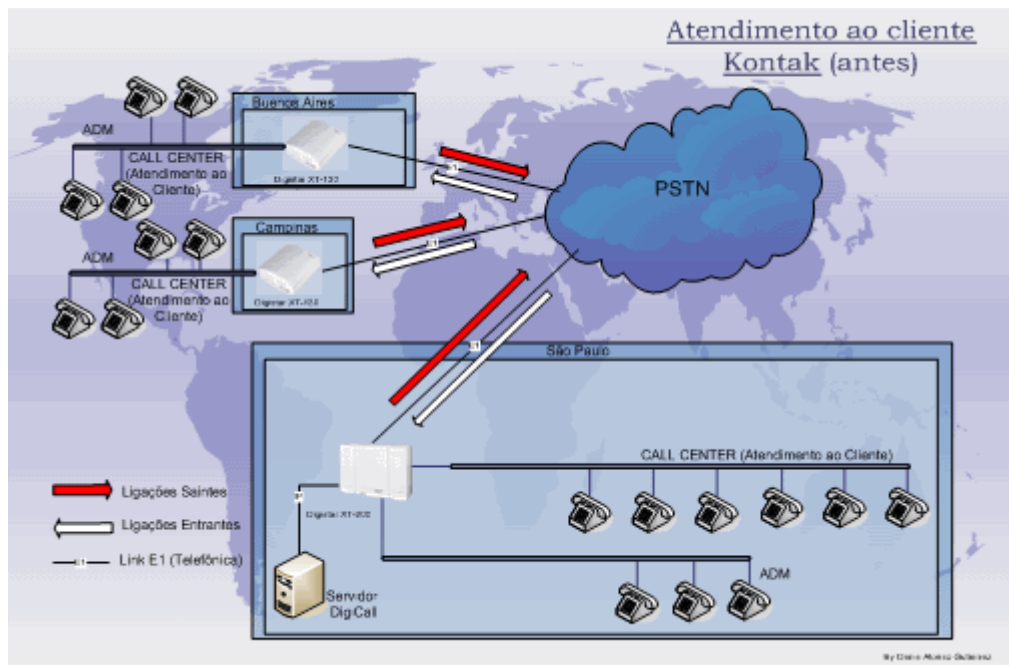


Figura 4 – Distribuição de chamadas entre sites “antes” (Autores, 2008)

Foi explicado ao cliente da necessidade de um *link* dedicado em cada site para o VoIP. A equipe de TI da empresa nos informou a respeito da estrutura de dados já existente. O cliente já possuía uma rede de dados MPLS interligando todos os sites. Após o entendimento

de todo o processo de comunicação da empresa Kontak entre os sites remotos, foi solicitado um documento contendo informações de tarifação da empresa.

6. ANALISANDO OS DADOS E INFORMAÇÕES (DURANTE O PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO DA TECNOLOGIA VOIP)

Após a coleta do documento contendo os dados das ligações da empresa com os valores tarifados, foram analisadas todas as ligações entre os sites com seus respectivos valores. A partir dos dados recolhidos durante a reunião foi elaborada a TABELA 1 que nos mostra que os valores gastos em ligações entre sites eram de aproximadamente cinquenta mil reais por mês. Anualmente, os valores gastos eram de aproximadamente seiscentos mil reais. Também foram analisadas as ligações de funcionários internos para funcionários externos. Os valores gastos com ligações para celulares estavam em torno de dez mil reais por mês. Anualmente os valores gastos eram de cento e vinte mil reais.

Tabela 1 – Valores gastos em ligações “Kontak”

Tipos de ligações	Valores gastos mensalmente	Valores gastos anualmente
Ligações entre sites	R\$ 50.000,00	R\$ 600.000,00
Ligações entre funcionários	R\$ 10.000,00	R\$ 120.000,00

Fonte: (KONTAK, 2008)

Após filtragem e análise dos dados recolhidos, foi gerado um documento para ser entregue e apresentado ao cliente na reunião seguinte.

Conforme a Tabela 2, nesta reunião também foram apresentados os valores gastos (simulação) após a instalação e ativação de todo o sistema.

Como o cliente já possuía uma rede interligada de dados, e o tráfego dos pacotes de voz não tem custo, o sistema já seria pago em apenas dois meses.

Tabela 2 – Simulação dos valores gastos em ligações “Kontak”

Tipos de ligações	Valores gastos mensalmente (antes)	Valores gastos anualmente (antes)	Valores gastos mensalmente (depois)	Valores gastos anualmente (depois)
Entre sites	R\$50.000,00	R\$600.000,00	-	-
Entre funcionários	R\$10.000,00	R\$120.000,00	-	-

FONTE: (KONTAK, 2008)

Para disponibilizar uma solução completa ao cliente Kontak, também apresentamos uma solução em parceria com a Operadora Voitel focando a redução de custo nas ligações para clientes e usuários que não possuem equipamentos ou tecnologia de Voz sobre IP.

Na Tabela 3, temos as comparações (de tarifas telefônicas) feitas e apresentadas ao cliente Kontak durante a reunião.

Tabela 3 – Comparação dos valores “Voitel X Telefônica”

Tipos e pacotes de ligações	Voitel	Telefônica
Consumo de 2.000 min (fixo)	R\$ 610,00	R\$ 630,00
Local para telefone fixo	R\$ 0,12	R\$ 0,14
Longa distância nacional fixo	R\$ 0,31	R\$ 0,43

Fonte: (VOITEL, 2009)

Ao término da reunião, o cliente demonstrou bastante interesse pelo sistema de Voz sobre IP (VoIP) e suas aplicações.

7. APLICAÇÕES DA SOLUÇÃO VOIP

Serão abordadas neste caso as diversas soluções e aplicações empregadas no projeto, com foco na ampla utilização da solução *Voip*. Constatamos que os resultados obtidos por meio destas implementações foram bastante positivos, principalmente em relação à redução de custos em ligações e a flexibilidade das chamadas entre sites.

7.1 COMUNICAÇÃO ENTRE SITES

Para fornecer a comunicação e disponibilizar chamadas entre os sites, foram instalados equipamentos de voz sobre IP em cada uma das redes remotas. Conforme FIGURA 5, no site de São Paulo temos 3 equipamentos de modelos diferentes instalados. O equipamento representado como XT-200, é uma central privada de comutação telefônica, com tecnologia CPA-T (Controle por Programa Armazendo – Comutação Temporal), sendo realocado no projeto (legado da empresa Kontak). Neste equipamento temos o grupo *Call Center* de atendimento ao cliente. O equipamento XIP-270IP, é a central Híbrida que fornece todos os ramais da empresa Kontak São Paulo com exceção dos ramais do *Call Center* (que são fornecidos pela XT-200 antiga) e interligação com a rede PSTN (Link E1 da operadora Telefônica). O terceiro equipamento no site de São Paulo é um equipamento que realiza comutação de protocolos entre redes de telecomunicações usando padrões analógicos (FXO e FXS), digitais (E1 CAS R2) e sistemas convergentes (Voz sobre IP) chamado *Media Gateway*.

No escritório de Campinas, temos uma central XT-130, uma central privada de comutação telefônica totalmente digital que fornece os ramais para o escritório e a interligação a rede PSTN de telefonia (*Link E1* da operadora Telefônica) da região. Neste mesmo escritório temos um *gateway* da D’Link de 8 portas FXO.

No site de Buenos Aires, temos um equipamento XIP-270IP. Este equipamento por sua vez também fornece os ramais para Buenos Aires assim como a comunicação com a rede PSTN de telefonia da região. Em Tóquio, temos também um *gateway* VoIP D’Link de 8 portas, no entanto, neste site as portas são FXS que são ligadas em posição de tronco da central Panasonic TD-500 de Tóquio. No escritório de Osaka, foi instalado um aparelho IP KT-200B. Este aparelho é um aparelho IP Puro ligado em um ponto de rede de Osaka. Todos os sites se comunicam, entre si, via VoIP no protocolo SIP.

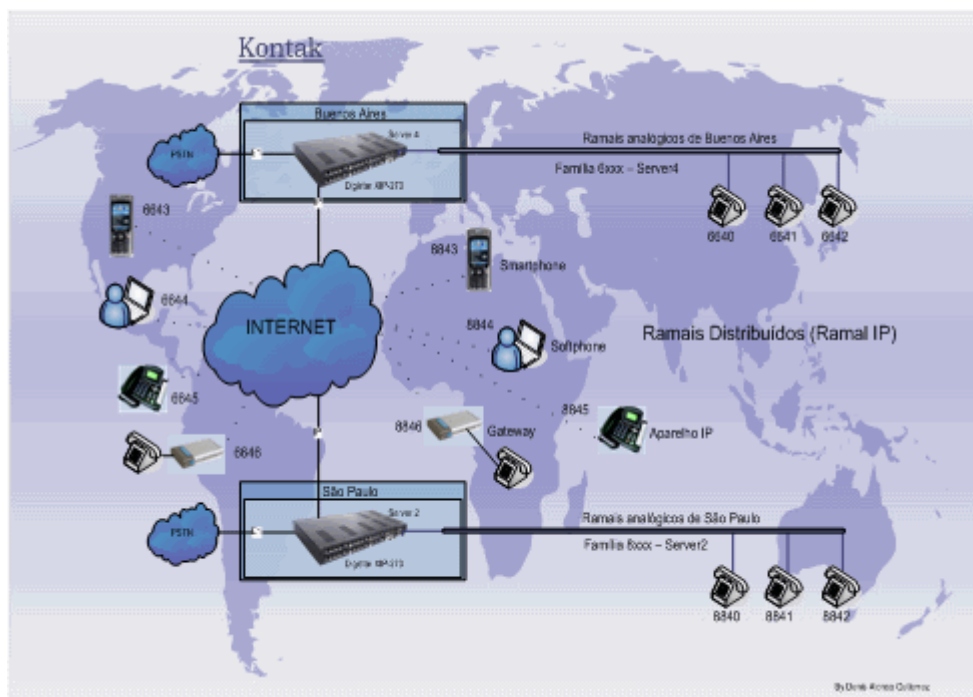


Figura 6 – Comunicação entre ramais distribuídos (Autores, 2008)

7.3 DISTRIBUIÇÃO DE CHAMADAS ENTRE SITES

Conforme mencionado acima, a central de atendimento ao cliente (*Call Center*) e vendas de passagens fica no site de São Paulo. Em São Paulo, as ligações chegam diretamente por meio da rede pública de telefonia ou rede PSTN através do *link* E1 fornecida pela operadora Telefônica. No site de Campinas, todas as ligações que chegam da rede pública de telefonia através do *link* digital E1 (na central XT-130) no número ou tronco chave divulgado para atendimento ao cliente e são encaminhadas a um dos 8 ramais livres conectados ao *gateway* D'Link.

Quando a ligação chega ao *gateway* D'link, ele encaminha estas chamadas ao *Media gateway* que por sua vez analisa as rotas e planos de discagem criados e redireciona as chamadas para a central XT-200 que esta conectada através de uma interface G.703 no *Media Gateway*.

No site de Buenos Aires, o equipamento XIP-270 possui uma mensagem de atendimento digital chamada DISA (*Direct Inward System Access*). Nesta mensagem do DISA, o cliente pode digitar 6 opções. Quando o cliente digita a opção 1 ou 2, o equipamento direciona esta chamada para o *Media Gateway* via VoIP. O equipamento *Media Gateway* irá analisar as tabelas de rotas e planos de discagem e irá redirecionar a chamada para a central de *Call Center* XT-200. Segue detalhada a estrutura na Figura 7:

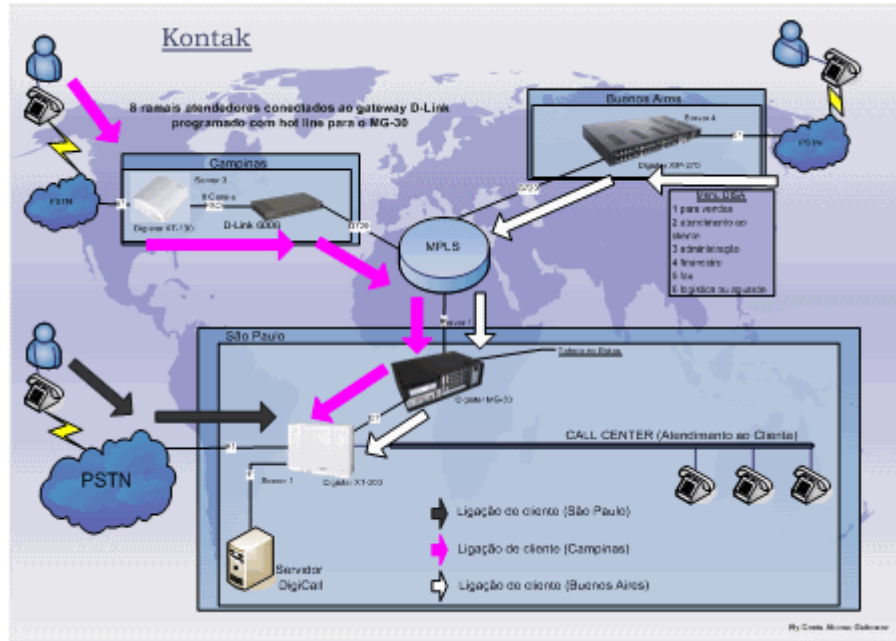


Figura 7 – Distribuição de chamadas entre sites (Autores, 2008)

7.4 COMUNICAÇÃO ATRAVÉS DE UMA OPERADORA VOIP

Nos sites de São Paulo e Buenos Aires, todas as ligações DDD e DDI para números fixos (rede PSTN) utilizam uma rota preferencial VoIP fornecida pela Operadora Voitel. Analisando a Figura 8, após o registro do equipamento XIP-270IP na plataforma da operadora, todas as ligações para números fixos DDD e DDI, são encaminhadas via VoIP para a plataforma da Operadora Voitel e redirecionadas também via Voip até à região ou estado de destino.

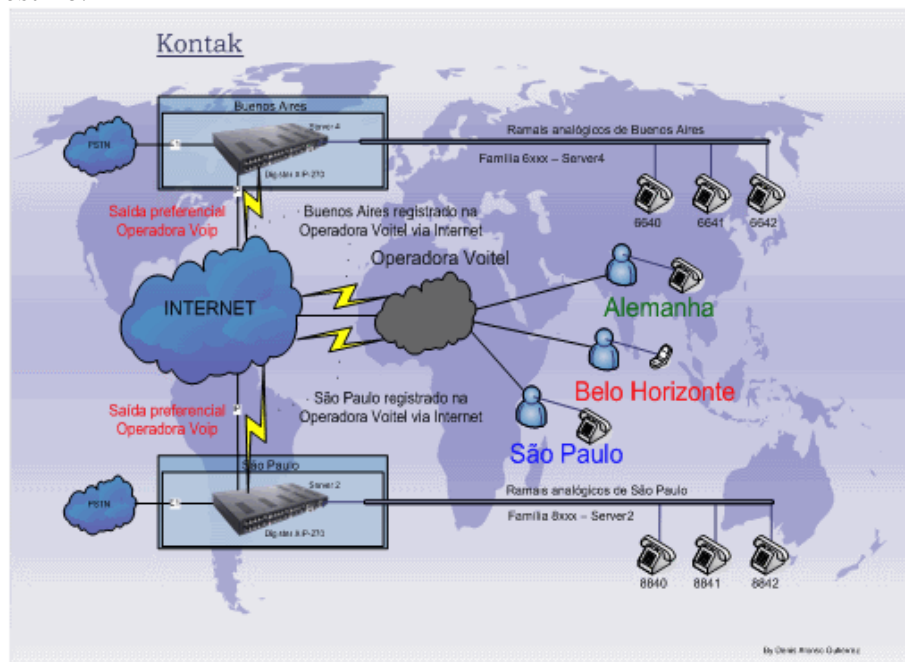


Figura 8 – Comunicação através da Operadora VoIP (Autores, 2008)

8. CONCLUSÕES

A tecnologia VoIP mostra-se uma alternativa bastante atraente para transmissão de voz, principalmente para empresas e SOHO (*Small Office – Home Office*) que já têm uma ou mais redes instaladas, podendo usar a infra-estrutura já existente ou mesmo para aquelas que têm filiais em outros países e cidades. Conforme apresentado no case da empresa Kontak, a economia gerada é evidente e diretamente proporcional à necessidade de utilização da telefonia pública. Os valores gastos em ligações entre sites eram de aproximadamente cinquenta mil reais por mês. Anualmente, os valores gastos eram de aproximadamente seiscentos mil reais. Os valores gastos com ligações para celulares giravam em torno de dez mil reais por mês. Anualmente, os valores gastos chegavam a cento e vinte mil reais.

Os valores gastos (simulação) após a instalação e ativação de todo o sistema, isto é, a economia adquirida é evidente e diretamente proporcional à necessidade de utilização da telefonia pública. Detectamos que ocorreu significativa diminuição dos valores gastos em ligações locais e interurbanas. Como o cliente já possuía uma rede interligada de dados, e o tráfego dos pacotes de voz não tem custo, o sistema já seria pago em apenas dois meses.

Com a melhoria da tecnologia e novas técnicas e algoritmos, tem-se obtido uma qualidade da voz, em muitos casos, já comparável à oferecida pelas operadoras de telefonia pública.

Hoje, o serviço de voz sobre IP não está mais restrito à comunicação ponto a ponto. Nos últimos tempos, surgiram diversas operadoras fornecendo serviços de voz sobre IP. Como grande parte do trajeto da voz nestas operadoras são pelas redes TCP/IP os valores ou tarifas cobradas são mais baixas em comparação as de operadoras convencionais de telefonia.

É pouco provável que a tecnologia de voz sobre IP provoque o fim da telefonia convencional em ambientes corporativos, mas certamente será responsável por uma parte considerável das ligações interurbanas e internacionais.

9. BIBLIOGRAFIA

AGUIAR, Paulo. Telefonia sobre IP. IX Seminário de capacitação interna. NGTVOIP/RNP/NCE/UFRJ. Novembro/2003. Disponível em <www.rnp.br/_arquivo/sci/2003/telefonia_ip.pdf> - Acesso em 05/03/2008.

CRUZ, A. Góes. Redes de computadores. UFRJ. Centro de tecnologia. Novembro/2000. Disponível em <www.gta.ufrj.br/grad/00_2/alexandre/VoIP.html> acessado em 20/02/2008.

DELFINO, Gardel Moreira. Voz Sobre IP Seminário de redes de computadores. COE728. Período 99/01. Disponível em <www.gta.ufrj.br/~gardel/redes/rede.htm> Acessado em 29/09/08.

ENDLER, Collier, Hacking Exposed VoIP: Voice over IP Security Secrets and Solutions, New York, McGraw-Hill, 2006.

FAGUNDES, E. Mayer. Voip em redes sem fios. Dezembro/2003. Disponível em <<http://www.efagundes.com/Artigos/VoIP%20em%20Redes%20Sem%20Fio.htm>> - Acessado em 30/05/2008.

FERREIRA, Anderson. Qualidade de serviço em VOIP (Voz sobre IP). Junho/2005..Disponível em.<<http://www.ccet.unimontes.br/arquivos/monografias/66.pdf>> - Acesso em 02/07/2008.

GARCIA, A. S.; CABRINI, G. C. Soluções de Voz sobre IP baseado em Software Livre..Agosto/2003..Disponível em<<http://www.inatel.br/docentes/alberti/download/estudo%20e%20desenvolvimento%20de%20soluções%20de%20voz%20sobre%20ip%20baseado%20em%20software%20livre.pdf>> - Acessado em 06/10/07.

GUIMARÃES, J. L. Bollos. Voz Sobre IP. Seminário de Teleinformática. UFRJ. Departamento de eletrônica. Fevereiro/99. Disponível em <www.gta.ufrj.br/grad/98_2/liesse/relat.html> - Acessado em 12/03/2008.

JESZENSKY, Paul Jean Etienne, Sistemas Telefônicos, São Paulo, Manole, 2004.

KONTAK, disponível em <http://www.kontak.com.br>, acessado em 01/02/2009.

PORTER, Thomas, Pratical VoIP Security, Rockland, MA, 2006.

SILVA, Adailton. Qualidade de serviço em VoIP. Rede nacional de ensino e pesquisa.(RNP)..Julho/2007..Disponível em.<<http://www.cliconnect.com/br/Artigos/Qualidad eServico.html>> - Acesso em 05/05/2008.

VOITEL, disponível em <http://www.voitel.com.br>, acessado em 01/02/2009.

APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO

Álvaro André Francato

Professor do UniAnchieta, alvarofrancato@gmail.com

Centro Universitário Padre Anchieta

RESUMO

Este trabalho pretende desenvolver um estudo sobre o aproveitamento de águas pluviais para usos que não necessitem de água potável em edifícios com finalidade educacional. Para tal tarefa, analisaremos o aproveitamento de águas pluviais em uma instituição de ensino que apresenta condições topográficas favoráveis e dispensa o uso de recursos de bombeamento, sendo utilizado apenas escoamento por gravidade. O estudo contemplou o levantamento da climatologia da região, os estudos das demandas em função dos usos da água e uma estimativa da redução no consumo de água tratada, bem como a respectiva economia na conta de água.

Palavras-chave: águas pluviais, recursos hídricos, cisterna.

ABSTRACT

This research project aims at developing a study on the use of rainwater for uses that do not require drinking water in college buildings. The work analyse the use of rainwater in an educational institution in which the campus presents favorable topographical conditions that exempt the use of bombing resources of water and are used only by gravity flow. The study observe the lifting of the region's climatology, the studies of demands in light of the uses of water and an estimate of the reduction in consumption of treated water as well as the economy in water bill.

Keywords: rainwater, water resources, cistern.

1. INTRODUÇÃO

Segundo dados da ONU (Organização das Nações Unidas), por volta de 2050, a água, um dos recursos naturais mais importantes na vida de qualquer ser animal, será um recurso ainda mais escasso para aproximadamente 40% da população mundial.

Na década de 70 e mais recentemente na década de 80, a população brasileira efetivamente percebeu a escassez de água e a necessidade de otimização do seu uso. A partir de sistemas de captação da água pluvial, é possível reduzir o consumo de água potável, minimizar alagamentos, enchentes, racionamentos de água e preservar o meio ambiente reduzindo a escassez dos recursos hídricos.

O aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis torna-se interessante pois, além de economizar precioso recurso, contribui para minimizar as enchentes causadas pela extensa e intensa impermeabilização de nossos solos urbanos. Dessa forma, funciona, portanto, como uma medida não estrutural de drenagem urbana e de diminuição dos custos de tratamento da água, por evitar a utilização de água potável para fins que necessitam de tais cuidados ou tratamentos.

Um dos grandes desafios a serem vencidos para viabilizar tanto o aproveitamento de águas pluviais quanto o reuso da água é a necessidade de bombeamento (custos com energia) para que seja possível o seu armazenamento em reservatórios e sua fácil disponibilização para uso por meio de funcionamento dos sistemas hidráulicos.

Scherer (2003), *apud* Marinoski (2007), afirma que os edifícios escolares são fontes potenciais para a implantação de sistemas prediais de aproveitamento das águas pluviais para fins não potáveis, por geralmente apresentarem grandes áreas de telhados e outras coberturas. Deste modo, para a implantação desses sistemas, são necessários estudos de viabilidade técnica e econômica, verificando o potencial de economia de água potável e determinando a relação entre custo e benefício.

Os objetivos gerais do presente trabalho consistem em fornecer, a partir da utilização de tecnologias, subsídios para a sustentabilidade dos recursos hídricos tendo em vista a continuidade do ciclo da água e a economia energética, já que a matriz elétrica brasileira é praticamente sustentada em usinas hidrelétricas. O objetivo específico desse trabalho é analisar o aproveitamento de águas pluviais (água de chuva) para fins que não necessitam fazer uso de água tratada como: lavagem de pisos, irrigação, e descargas de vasos, sem o auxílio de bombeamento da água coletada devido ao favorecimento da topografia local e assim quantificar os benefícios diretos e indiretos da economia que pode ser gerada com a utilização desse processo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Mesmo com a escassez dos recursos hídricos cada vez maior, o seu desperdício ainda é ignorado e este recurso é tratado ainda como um bem inesgotável na maioria dos casos. De acordo com Kammers (2004), “somente na grande São Paulo, são desperdiçados diariamente 1,8 bilhão de litros de água potável, ou seja, 1/3 do que é distribuído na região”. O mesmo documento relata que, segundo dados da SABESP (2003), deste total, um bilhão de litros representa desperdícios da população, confirmando a citação da entidade ambientalista World Wildlife Fund, ficando o restante (800 mil litros) por conta de vazamentos na própria rede.

Mais recentemente nos anos 80 é que o brasileiro percebeu a escassez dos recursos hídricos, e começou-se a trabalhar no sentido de minimizar os riscos de falta de água para o futuro em favor da preservação deste recurso (Rodríguez (1998), Moraes e Jordão (2002)). Alguns municípios na região de Jundiaí (SP) são afetados no abastecimento de água, citando como exemplo a cidade de Itu que em 2000 foi decretado estado de calamidade pública pela falta de água, sendo que processos de produção de fábricas e indústrias, repartições públicas como escolas e creches foram afetados diretamente necessitando interromperem suas atividades.

Embora de ótima qualidade, a água tratada pela SABESP, torna-se cada vez mais cara para a companhia. Os recursos destinados para a compra de produtos químicos passaram de R\$ 34,2 milhões em 1998, para R\$ 60 milhões em 2002. Parte do problema reside na suspeita de cartelização desses produtos químicos, e ainda a degradação dos mananciais mais importantes, como o sistema Billings – Guarapiranga, responsável por 21% de todo abastecimento da região metropolitana.

O que se percebe é que paulistanos e cariocas tornaram-se dependentes dos produtos químicos para o tratamento de água. É importante frisar que é utilizada água clorada para a lavagem de carros e calçadas, rega de jardins e descargas de vasos sanitários. Esse modelo predatório acaba estimulando o desperdício de um recurso cada vez mais escasso e caro. Caso não haja uma política que venha contribuir rapidamente para a gestão sustentável dos recursos hídricos com fiscalização constante junto à aplicação rigorosa da lei, não haverá futuramente produto químico em quantidade suficiente para garantir água potável aos brasileiros.

A Norma NBR15527 da ABNT, publicada em 24 de Setembro de 2007, retrata que os padrões de qualidade da água em Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial devem ser definidos pelo projetista de acordo com a utilização prevista, cita Pereira, (2007). Ainda diz que a qualidade final da água pluvial exigida para um determinado uso pode variar ainda em função das diferenças entre as legislações vigentes em cada localidade. Isto ocorre devido principalmente à diferença entre a

qualidade da água precipitada em cada região. Por isso, na fase de projeto, também é essencial uma análise da legislação local, para que a água armazenada alcance os parâmetros exigidos para o seu uso final.

2.1 O Armazenamento de Água em Cisternas

Um dos critérios mais importantes na aquisição de uma cisterna é o seu volume, já que o super dimensionamento do sistema onera o custo de aquisição, além de nunca completar o volume do reservatório. Por outro lado, o subdimensionamento faz com que haja sempre excesso de água na qual o reservatório não comporta esse volume diminuindo assim a eficiência do sistema de armazenamento hídrico para as finalidades que foram propostas.

Possa (2005) descreve que conforme Mano e Schmitt (2004), existe uma maneira prática realizar o descarte dos primeiros minutos de chuva para evitar possíveis impurezas grosseiras no sistema. É preciso instalar uma derivação em “T” na calha, descendo um tubo de PVC fechado na extremidade, sendo que o tubo deve ter a capacidade de armazenamento de água em quantos minutos for estipulado, tendo, assim, um orifício permitindo a saída gradual da água e com isso, no início da precipitação a calha conduzirá a água para esse tubo, e ao que encher, a água será conduzida ao condutor e daí para o reservatório.

A Comissão para Aproveitamento de Água de Chuva da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) define, segundo o trabalho de Pereira (2007), o dispositivo de descarte de água deve ser dimensionado pelo projetista.

Para este trabalho, foi considerado um coeficiente de escoamento superficial de água pluvial de 0,9, ou seja, 10 % do volume precipitado é descartado e 90% escoado e aproveitado pelo reservatório, já que em Pereira, (2007) o valor desse coeficiente situa-se entre 0,8 e 1,0.

É interessante que seja acoplado à entrada do reservatório (cisterna) um sistema de peneiramento para separar as partes sólidas que por ventura sejam arrastadas, também é necessário realizar, a cada seis meses, a limpeza da cisterna. A época mais propícia para isso é o inverno no caso da região sudeste, pois, a precipitação é menor e, conseqüentemente, o descarte de água captada será menor.

2.2 Particularidades do Município de Jundiaí

Benassi (2006), afirma que Jundiaí é uma cidade do Estado de São Paulo, que vem crescendo e assumindo papéis de destaque. Sua situação de abastecimento de água hoje ainda não é crítica visto que

o consumo total é menor do que a capacidade hídrica disponível. Existem projetos futuros para que essa capacidade hídrica seja ampliada por meio da captação de outros mananciais hoje não explorados. Porém, o crescimento populacional resulta também em aumento da utilização dos recursos naturais, atingindo a água principalmente.

Ainda segundo Benassi (2006), é possível reconhecer que o consumo de água pelo município de Jundiaí no ano de 2005 era de aproximadamente 1.325 litros por segundo, sendo a capacidade hídrica do município atual de 1.700 litros por segundo. Nessas condições, a capacidade hídrica ainda atende à demanda, lembrando que está próximo da capacidade limite, porém, caso não haja um trabalho de conscientização ou mesmo de obrigatoriedade legal sobre o aproveitamento de águas pluviais, Jundiaí sentirá os problemas de falta de água somente no ano de 2027.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A primeira fase do presente estudo objetiva quantificar o volume de água possível de ser coletado para as demandas requeridas, em função da área de cobertura das edificações e também do regime pluviométrico local.

O local de realização do estudo o “Centro Universitário Padre Anchieta”, campus de Jundiaí, apresenta condição topográfica extremamente favorável à finalidade do projeto, pois, há uma grande diferença de cota entre a portaria 01 (entrada principal) e o último prédio de engenharia a montante, que apresenta cota superior. Esse projeto piloto pode no futuro servir como exemplo a ser implantado em todo o campus pela diferença de nível existente entre as edificações presentes.

As áreas consideradas para captação de águas pluviais do projeto piloto compreendem a edificação da antiga brinquedoteca, e também o prédio que abriga os cursos de engenharia. A área onde funcionava a antiga brinquedoteca, construída a montante do prédio de engenharia para a pedagogia possui uma área coberta de 358,66 m² e a área atual do prédio de engenharia com suas ampliações e totalizam 4.259,20 m², representando com isso uma área útil de coleta para águas pluviais de 4.617,87 m².

A área frontal do prédio de engenharia corresponde a uma das possíveis áreas para a Construção do reservatório, já que ao lado esquerdo do prédio já existe uma cisterna de 18.000 litros. Como toda a drenagem de águas pluviais converge para a parte frontal do prédio de engenharia, a construção da cisterna nessas proximidades seria interessante, por aproveitar a energia potencial gravitacional da topografia do local. Outra possibilidade a ser considerada é o local onde hoje está localizado o

estacionamento da Diretoria e da Coordenação, com dimensões provavelmente suficientes e que não comprometeria a área verde da parte frontal do prédio.

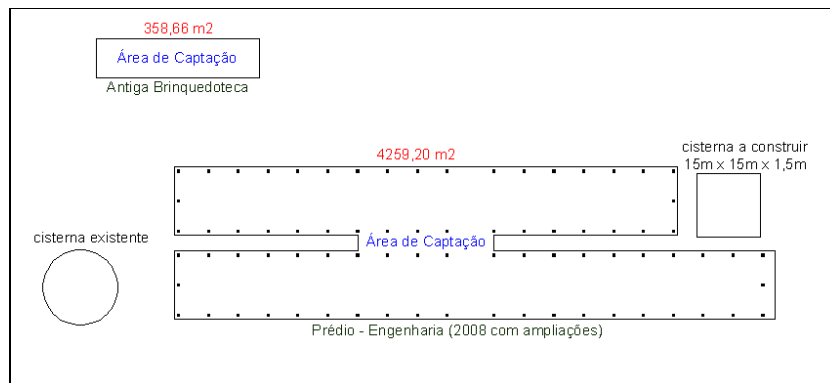


Figura 1 – Coberturas responsáveis pela captação de água pluvial

Fonte: Francato (2008)

3.1 O Estudo do Regime Pluviométrico de Jundiaí

Na segunda fase do projeto, foi realizado um estudo do regime pluviométrico do município de Jundiaí (SP), já que é a cidade na qual está localizada a instalação predial em estudo. Foi quantificado o volume de chuva em milímetros diários para esta localidade e agrupados mensalmente segundo informações do DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica) e DAE (Departamento de Águas e Esgoto de Jundiaí). O estudo foi baseado na climatologia local, tendo como referência os três postos pluviográficos mais próximos; Currupira IAC E03 - 018, Jundiaí CPEF E03 – 025 e Ermida E03 - 53. O Diagrama a seguir extraído do site SIGRH (Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos em São Paulo) mostra a disposição destas estações no município de Jundiaí e região, os quais foram úteis para determinar o volume de água precipitado no local em estudo.

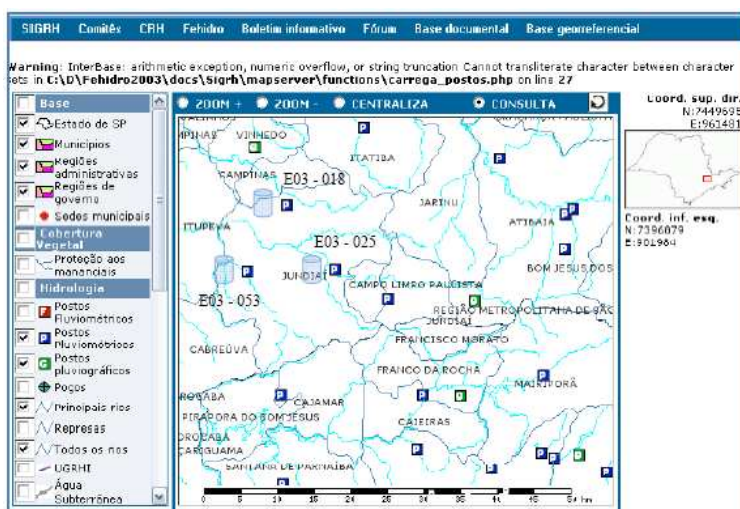


Figura 2 – Disposição dos postos pluviográficos I

Fonte: SIGRH (Sistema Integrado de Gerenciamento e Recursos Hídricos)

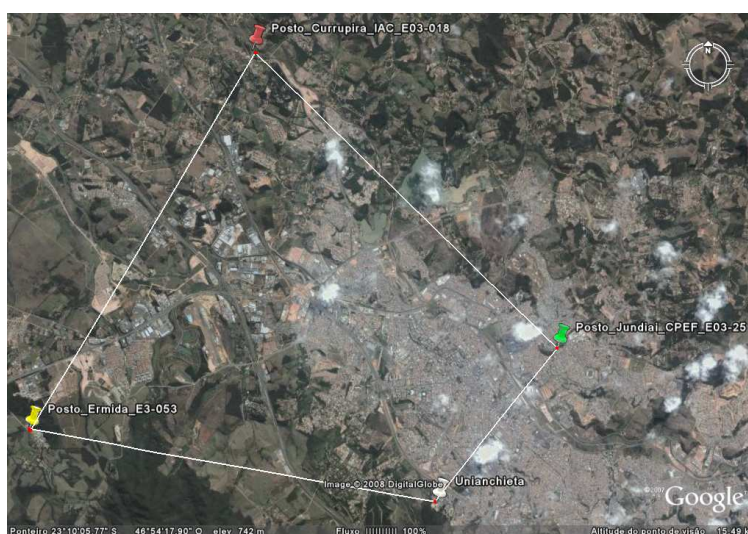


Figura 3 – Disposição dos postos pluviográficos II

Fonte: Google Earth

Em uma primeira análise, foram descartados os anos com falhas de registros nos valores de água precipitada, para que se conseguisse uma maior homogeneidade de valores e assim representar de modo fiel os dados encontrados.

De acordo com Crucciani (1987), os dados colhidos pelos aparelhos que fazem as leituras devem ser inicialmente elaborados, corrigidos e tabulados segundo normas padronizadas no intuito de

possibilitar a sua correta utilização posteriormente. Para Crucciani (1987), os erros grosseiros e erros sistemáticos pelo mau funcionamento do instrumento devem ser eliminados ou corrigidos e posteriormente tabulados. É muito importante para efetuar uma série de dados, que esses sejam coletados num período mínimo de 30 anos, recomenda Crucciani (1987).

É preciso chamar a atenção para o fato de que um trabalho que estuda o volume precipitado numa região a qual possui uma área extensa a média ponderada de precipitação pode ser significativo no estudo, porém para uma área relativamente pequena de captação pode não ser o melhor meio de se avaliar o volume precipitado tendo que se utilizar de outros meios.

3.2 O Estudo do Consumo de Água

Na terceira fase, foram analisadas demandas para alguns tipos de uso (não potáveis) da água no local de implantação do projeto, usos esses que não necessitassem de um tratamento específico.

Os principais usos dessa água captada seriam para finalidades menos nobres como: lavagem de pisos a qual seria uma atividade constante durante o ano; descargas em vasos sanitários e mictórios, processo que possui estreita relação com a taxa de ocupação das salas de aulas, ou seja, para esta finalidade de uso da água captada é necessário considerar sazonalidades no uso das instalações em função do período letivo, onde ocorrem épocas durante o ano na qual a taxa de uso é baixa ou quase inexistente, correspondente à época de recesso escolar e épocas de intenso uso que é o período de aulas, assim a demanda está diretamente associada ao calendário escolar. Um outro uso da água captada seria para a irrigação das áreas de jardinagem, em função da área do jardim, dos tipos de vegetação implantada e do período de estiagem, mas segundo entrevista realizada com as funcionárias responsáveis pela limpeza, as áreas verdes normalmente não recebem água da rede ou do poço artesiano, somente pelo meio natural através de precipitações.

No caso da lavagem de pisos, seria necessário quantificar o volume necessário para tal processo. Para isso, foi elaborado um questionário que foi aplicado especificamente às funcionárias responsáveis pela limpeza do local por meio de entrevistas presenciais para que não ocorressem interpretações errôneas durante as respostas e também inspeções para presenciar como é feita a limpeza do local. Segundo as entrevistas com essas funcionárias, a limpeza é realizada de modo semestral, sendo que neste dia toda a área é lavada, isto é, tanto a área externa quanto as áreas internas de salas de aulas, ou seja, para esta finalidade considerou-se área total do prédio (área externa e área interna).

Os pontos utilizados para o fornecimento de água para essa atividade foram mapeados e cadastrados e com isso foi estabelecido uma metodologia para medir a vazão de saída de água, ou seja, três repetições de medição de vazão, para que se pudesse estabelecer a vazão do local.

É preciso deixar claro que em uma série de três repetições para a medição da vazão a torneira foi aberta totalmente em seu estágio máximo de abertura (vazão 01) e em uma segunda série de três repetições para a medição da vazão a torneira foi aberta em cinquenta por cento de sua capacidade de vazão (vazão 02). Logo a seguir, o gráfico mostra os dados para vazão em ambos estágios de abertura da torneira.

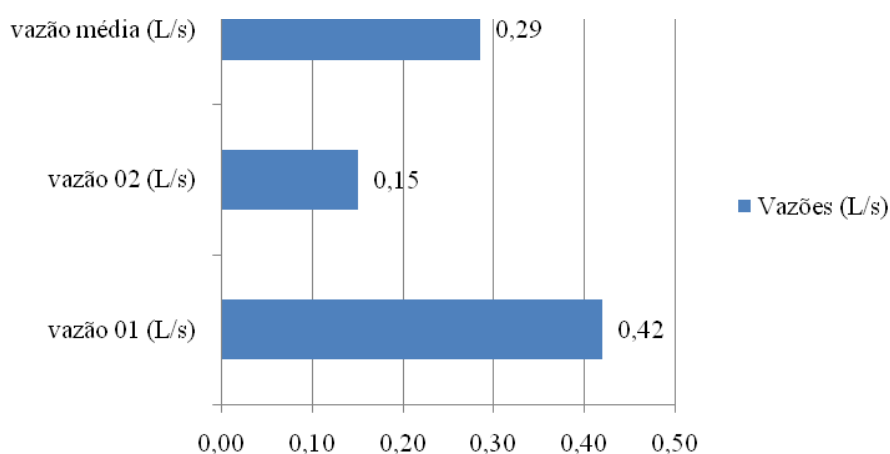


Figura 4 – Vazão medida no ponto de água do jardim

Fonte: Francato (2008)

Enquanto a tabela da ABNT indica que a vazão para a torneira de jardim é de 0,20 L/s, as medições in-loco mostraram uma vazão de 0,29 L/s estando coerente a medição e assim como a vazão medida é maior para a segurança do projeto considera-se a vazão medida e não a vazão teórica estipulada pela ABNT.

De acordo com a entrevista realizada com os responsáveis pela limpeza do local, o tempo gasto para a lavagem do pátio e também das salas de aulas é de aproximadamente 2 horas. Se considerarmos a abertura da torneira no estágio intermediário correspondente a vazão média de 0,29 L/s durante esse tempo de limpeza de 2 horas (7.200 s) o volume total correspondente será de aproximadamente 2088L para um período de 6 meses, já que a lavagem é semestral.

Para quantificar o volume necessário a fim de atender às descargas de vasos e mictórios, foi necessário um estudo que estimasse a demanda per capita para tais usos, sendo que essa estimativa foi baseada em observações in loco.

Essas observações in-loco foram realizadas da seguinte maneira: foram feitas 3 observações, ou seja, 3 repetições em 3 dias não consecutivos da semana, sendo a primeira observação feita na segunda feira, a segunda observação na quarta feira, e a terceira e última observação na sexta feira durante o período diurno no prédio de Direito I (local de estudo), e com a ajuda da responsável pela secretaria de graduação do prédio I de Direito foi possível levantar a taxa de ocupação de alunos, professores e funcionários deste prédio, tanto no período diurno quanto no período noturno.

Para a realização do projeto, não foi considerado essa taxa flutuante de alunos matriculados, sendo, portanto, necessário considerar o número de vagas oferecidas, já que no início a taxa de ocupação aproxima-se de 100%. Dessa forma, a soma das vagas oferecidas no período diurno e noturno totalizava 1517.

O número de professores que trabalham nesta unidade é de 68 docentes, os funcionários alocados na secretaria somam 10 pessoas, e também há 03 funcionários de manutenção geral no período diurno e 4 funcionários de manutenção geral para o período noturno. Com isso, o número de pessoas diariamente que freqüentam esse local é de 1602 pessoas no total que apresentam comportamento fisiológico semelhantes, para efeito de contabilização do consumo de água para necessidades básicas.

Para os 359 alunos matriculados no período diurno, a frequência média de pessoas que utilizam o WC é de 176 pessoas sendo em média 101 homens e 75 mulheres, sendo assim, o número de pessoas observadas segundo a metodologia apresentada por Barbetta (2003), pode representar uma amostra considerável através da equação:

$$n \geq \frac{n_0 * N}{n_0 + N} \quad (1)$$

Com:

$$n_0 \geq \frac{1}{E_0^2}; \quad (2)$$

Onde:

N = Número total de pessoas;

E₀= Erro amostral desejado (1 a 20%);

n = Amostra de pessoas observadas.

Para um erro amostral de 5,0%, o número de indivíduos observados deveria ser de no mínimo 320 pessoas sendo que no período diurno foram observados 359 alunos. Pode-se concluir com isso que em média 49% dos alunos matriculados no período diurno entre homens e mulheres utilizam os banheiros diariamente, e como o total de vagas para alunos no período diurno é de 517 vagas, caso todas estivessem preenchidas o número de alunos que efetivamente utilizaria o WC seria de aproximadamente 253 alunos. Caso todas as vagas do noturno fossem preenchidas, o número de alunos utilizando o WC no período noturno seria de 490 alunos, somando com o número de secretárias, professores, funcionários, esse número chegaria a aproximadamente 828 pessoas que utilizariam o WC diariamente entre homens e mulheres no prédio I do Direito.

Foi pressuposto que ao entrar no W.C cada pessoa utiliza obrigatoriamente ou o vaso sanitário ou o mictório e dificilmente ambos. Além disso, foram consideradas vazões semelhantes tanto para o vaso quanto para o mictório, como medida para simplificar o mecanismo de pesquisa já que as instalações são antigas, e também não se consegue ter total controle dessas informações, com isso pode-se chegar a valores aproximados de volumes de água utilizados para as demandas requeridas.

Seria necessário e interessante instalar um hidrômetro para fazer comparação do consumo de água estudado e o consumo medido para se chegar mais próximo da realidade do estudo de caso.

A demanda de água diária e sua estimativa em edificações tem sido objeto de estudo por muitos, sendo um desafio para os pesquisadores dessa área. O consumo varia em função do clima, das regiões, dos hábitos de higiene, da taxa de ocupação do local e também da evolução tecnológica.

A norma NBR 5626 de 1998 também diz que a vazão de projeto para mictórios tipo calha é de 0,15 l/s por metro linear de calha, como o mictório do prédio possui 4,5 metros lineares de comprimento a vazão por segundo é de 0,68L/s e se forem acionados por 10s o volume gasto no mictório será de 6,8L por acionamento, sendo comparado a valores de descarga por equipamentos que possuem válvulas de acionamento econômicas, sendo assim para o público masculino a atividade fisiológica de urinar pode ser desempenhada tanto em mictórios como em vasos sanitários e pela característica de utilização ser em horários concentrados de intervalos, observa-se que o mictório não é suficiente para atender a demanda do público, e aí os vasos sanitários desempenham tal função. Assume-se assim que o volume gasto no mictório por pessoa seja igual ao volume gasto na descarga do vaso, já que são equipamentos antigos.

Para o vaso sanitário, como são válvulas não econômicas, segundo a ABNT a vazão para esse sistema é de 1,7 litros por segundo, e para um acionamento de aproximadamente 6 segundos suficiente

para a higienização, o volume gasto em média por acionamento é de 10,2 litros, assume-se esse valor também para acionamento da válvula do mictório de calha.

De posse das informações anteriores, estima-se a demanda de água para as atividades fisiológicas em função da taxa de ocupação do prédio de direito I, assim com uma taxa de utilização efetiva dos W.Cs de 828 pessoas diárias incluindo professores, alunos e funcionários, durante o período letivo teríamos um consumo diário para essas atividades de 8.445,6 litros, totalizando no mês 168.912 litros.

Para a irrigação de áreas verdes, o volume de água poderia ser estimado também em função da climatologia procurando especificar os períodos de seca em que seja necessário recorrer a irrigação e também em função da necessidade hídrica da cultura mais crítica em relação a demanda de água. De acordo, com a entrevista realizada foi constatado que não é comum o procedimento de irrigação para as áreas verdes, sendo assim o volume de água para esta atividade foi considerado nulo.

Para as demandas de descargas em vasos e mictórios, cujo volume tem estreita relação com a taxa de ocupação do prédio, é importante dizer que para o mês de janeiro como a taxa de ocupação é muito baixa foi considerado 5% da população total do prédio, e para os meses de julho e dezembro, como uma parte desses alunos esta em época de recuperação, considera-se 10% da população total do prédio.

3.3 Cálculo do Volume do Reservatório

A tabela a seguir correlaciona o volume médio gerado através das precipitações médias com o volume efetivamente captado em função do parâmetro C (0,9), ou seja, coeficiente de escoamento superficial, relacionado também com a demanda requerida em função da taxa de ocupação e das necessidades fixas. Quando o volume captado é maior que a capacidade do reservatório o volume em excesso é vertido, relacionando-se com o volume inicial de cada mês. Sendo assim, atendendo a todos os pré-requisitos necessários chega-se ao volume médio do reservatório de 50 m³ necessário para atender a demanda quando considerado o volume médio ponderado de precipitação, correlacionando as três estações pluviométricas.

Tabela 1 – Relação Entre a Precipitação, Captação e Volume Final Armazenado

Mês	Precipitação (mm)	Vol. Captado (m ³)	Demanda (m ³)	Vol. Vertido (m ³)	Vol. Inicial (m ³)	Vol. Final (m ³)
Jan	190,09	790,02	8,45	731,58	0,00	50,00
Fev	173,20	719,84	168,91	550,93	50,00	50,00
Mar	131,18	545,20	168,91	376,29	50,00	50,00
Abr	58,30	242,31	168,91	73,40	50,00	50,00
Mai	51,40	213,64	168,91	44,73	50,00	50,00
Jun	40,51	168,34	171,00	0,00	50,00	47,34
Jul	27,49	114,24	16,89	94,69	47,34	50,00
Ago	29,39	122,15	168,91	0,00	50,00	3,2
Set	48,32	200,82	168,91	0,00	3,2	35,1
Out	108,11	449,32	168,91	265,56	35,1	50,00
Nov	125,72	522,50	168,91	353,59	50,00	50,00
Dez	170,72	709,53	18,98	690,55	50,00	50,00

Fonte: Francato (2008)

Precipitação (P): Própria leitura do pluviômetro em mm ($\frac{l}{m^2}$) multiplicado por 0,9

Volume Captado Efetivo em m³ (VC_e):

$$VC_e = \frac{P * A * C}{1000} \quad (3)$$

Onde:

P Precipitação em mm;

A Área de Coleta de Água Pluvial (m²);

C Coeficiente de Escoamento Superficial (C=0,9);

$$VV = se(((V.I + V.C_e - D) > V.R; ((V.I + V.C_e - D) - V.R); 0) \quad (4)$$

Onde:

D Consumo de Água Demandada (m³);

VV Volume Descartado Ultrapassando a Capacidade do Reservatório (m³);

VI Volume Inicial de Cada Mês (m³);

VR Volume do Reservatório (m³);

Volume Final de Cada Mês (VF):

$$VF = VI + VC_e - D - VV \quad (5)$$

Com o auxílio do método de cálculo para o volume do reservatório utilizado anteriormente, calculamos o volume do reservatório ano a ano para cada estação pluviométrica ao longo das séries históricas e depois para cada estação elaborou-se uma curva de permanência para indicar a porcentagem do tempo que um determinado volume de cisterna supre a demanda requerida.

Tabela 2 – Volume da Cisterna Calculado (Posto Pluviográfico de Currupira)

Volume da Cisterna	Frequência Absoluta	Frequência Relativa %	Freq. Rel. Acum. %
60	1	5,9	5,9
150	2	11,8	17,6
165	2	11,8	29,4
175	1	5,9	35,3
190	1	5,9	41,2
270	1	5,9	47,1
290	1	5,9	52,9
295	1	5,9	58,8
320	1	5,9	64,7
355	1	5,9	70,6
415	2	11,8	82,4
425	1	5,9	88,2
500	1	5,9	94,1
585	1	5,9	100,0
soma	17		

Fonte: Francato (2008)

Tabela 3 – Volume da Cisterna Calculado (Posto Pluviográfico de Jundiaí)

Volume da Cisterna	Frequência Absoluta	Frequência Relativa %	Freq. Rel. Acum. %
65	2	7,4	7
70	1	3,7	11
80	1	3,7	15
85	2	7,4	22
125	1	3,7	26
130	1	3,7	30
145	1	3,7	33
150	1	3,7	37
170	3	11,1	48
190	1	3,7	52
210	1	3,7	56
215	1	3,7	59
220	1	3,7	63
230	1	3,7	67
240	1	3,7	70
310	1	3,7	74
325	1	3,7	78
365	1	3,7	81
370	1	3,7	85
440	1	3,7	89
480	1	3,7	93
600	1	3,7	96
645	1	3,7	100
soma	27		

Fonte: Francato (2008)

Tabela 4 – Volume da Cisterna Calculado (Posto Pluviográfico Ermida)

Volume da Cisterna	Frequência Absoluta	Frequência Relativa %	Freq. Rel. Acum. %
0	3	10,7	11
60	1	3,6	14
65	2	7,1	21
120	1	3,6	25
125	1	3,6	29
135	2	7,1	36
150	2	7,1	43
160	1	3,6	46
165	2	7,1	54
170	1	3,6	57
190	3	10,7	68
220	1	3,6	71
245	2	7,1	79
310	1	3,6	82
330	1	3,6	86
340	1	3,6	89
365	1	3,6	93
410	1	3,6	96
740	1	3,6	100
soma	28		

Fonte: Francato (2008)

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Quando se considera a curva de permanência, ou seja, a porcentagem do tempo atendido para um volume do reservatório calculado em função das precipitações anuais durante as séries históricas para cada estação pluviométrica, observa-se que o volume médio do reservatório para atender a 70% das chuvas para as três estações é de aproximadamente 286,0 m³.

Segundo informações do DAE (Departamento de Águas e Esgotos) de Jundiaí o decreto 21.102 de 30 de janeiro de 2008 especifica a base de cobrança para água consumida e esgoto coletado para diversas categorias: Residencial, Comercial e Industrial.

As instituições de ensino entram na categoria I – Residencial incluindo nesta classe: tarifa por metro cúbico de consumo de água tratada/coleta e afastamento de esgotos para fins domésticos e higiênicos, em prédios residenciais, repartições públicas, estabelecimentos de ensino, associações civis,

congregações religiosas, casas de caridade, templos, campos de esportes, jardins públicos e, em geral, quando essa utilização não visar lucros comerciais e industriais.

Tabela 5 - Tarifa de Consumo – Categoria I

Faixa de Consumo m^3	Valor Reais $R\$/m^3$
$C \leq 10$	0,950
$10 < C \leq 16$	1,205
$16 < C \leq 21$	1,780
$21 < C \leq 30$	2,572
$30 < C \leq 50$	3,864
$50 < C \leq 80$	4,716
$80 < C$	5,445

Fonte: Francato (2008)

Como a faixa de consumo para as atividades estudadas está acima do consumo de $80 m^3$, o valor cobrado por m^3 de água consumida é de R\$ 5,445 reais. O consumo anual para as atividades propostas é de $1.566,6 m^3$, e o valor gasto anual para essas atividades caso não se recorresse à utilização de água de poço artesiano e sim água da rede o valor gasto anual seria de aproximadamente R\$ 8529,59 reais.

É bom deixar claro que como um projeto ambiental a questão do custo da água é sim relevante, mas o principal seria a economia do recurso hídrico, já que esses $1.566,6 m^3$ de água deixariam de serem captados para a utilização em fins não potáveis podendo ser destinados para fins mais nobres (uso potável).

Para estudar o consumo de água em edificações, deve-se fazer uma excelente coleta de dados, considerando pressão, vazão, clima, população, frequência de utilização, condições sócio-econômicas, produtos instalados, vazamentos, etc.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Pretende-se com o desenvolvimento deste projeto tirar conclusões sobre a viabilidade de implementação de aproveitamento de águas pluviais em situações favorecidas pela topografia local que não necessitem de bombeamento.

O aproveitamento de águas pluviais reduz o consumo de água potável, evita enchentes já que a água que seria totalmente dirigida para as galerias de águas pluviais aumentando significativamente a vazão do rio, é armazenada aumentando o tempo de concentração da bacia hidrográfica, e o mais importante é a preservação do meio ambiente preservando assim o recurso hídrico.

Essa tecnologia apresenta baixo impacto ambiental e dependendo da finalidade de uso apresenta qualidade aceitável sem necessitar de um tratamento específico. Outro ponto interessante a considerar é que caso o sistema de abastecimento público venha faltar, pode ser uma boa alternativa para emergência de falta de abastecimento de água.

A documentação de outorga de captação de água de poço artesiano requerida a cada período de renovação necessitará de maiores estudos para a liberação de vazões de consumo, já que o recurso a cada ano fica mais escasso em função do aumento da demanda. Sendo assim a cada renovação a vazão outorgada ficará mais restringida e com isso a viabilidade desse projeto piloto acaba sendo mais real.

Como sugestões que complementem tal trabalho que não foram contempladas no escopo deste projeto, destacam-se: o reuso de água servida em situações também favorecidas pela topografia local e os benefícios da diminuição na vazão de pico no escoamento de águas pluviais nas sub-bacias de drenagem local.

Esse projeto piloto na instituição serve como modelo para implantação em outros departamentos ou até mesmo em outros lugares, uma vez que a universidade funciona como pólo de tecnologia e forma agentes multiplicadores, e nesse caso devido a topografia local é extremamente favorável ao aproveitamento e utilização de águas pluviais.

Como sugestões para futuros trabalhos nas dependências do estudo de caso seria interessante verificar através de uma análise econômica detalhada a economia de água potável e também o tempo de amortização necessária para a realização do projeto.

Outro ponto que merece investigação seria o estudo para outros prédios do campus e também analisar formas de reutilizar as águas cinzas.

6- BIBLIOGRAFIA

BARBETTA, P. A. Estatística Aplicada às Ciências Sociais. Ed. UFSC. Florianópolis, 2003.

BENASSI, Ricardo. Potencial de Aproveitamento de Água de Chuva na Cidade de Jundiá. São Carlos, 63p. 2006.

CRUCIANI, D.E. Hidrologia. Apostila. Centro Acadêmico “Luiz de Queiroz”, USP, Piracicaba, 1987.

DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica). Disponível em: <http://www.dae.sp.gov.br/cgi-bin/principal.exe/index>.

FRANCATO, A. A. Aproveitamento de Água Pluvial para Fins não Potáveis em Instituições de Ensino. Campinas - SP, 77p. 2008.

KAMMERS, P. C. Usos Finais de Água em Edifícios Públicos: Estudo de Caso em Florianópolis – SC. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004.

MARINOSKI, Ana Kelly. Aproveitamento de Água Pluvial para Fins não Potáveis em Instituição de Ensino: Estudo de Caso em Florianópolis – SC, 2007, 118 pag.

MORAES, D.S.L.; JORDÃO, B.Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana 2002. Rev. Saúde Pública v.36, n.3, p.1-8. Disponível em: <http://www.scielo.br>

ONU. Organização das Nações Unidas. Disponível em: <http://www.onu-brasil.org.br>.

POSSA, Analice. Determinação do Volume de Cisternas: Estudo do volume útil de cisternas em função de distribuições pluviográficas Regionais. Itatiba, pag 1- 2, 2005.

PEREIRA, Daniel José de Andrade. Estudo Comparativo dos Métodos de Dimensionamento para Reservatórios Utilizados em Aproveitamento de Água Pluvial. São Carlos, 2007. 78 pags.

PEREIRA, Daniel José de Andrade. Qualidade da Água Em Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial. São Carlos, 2007. 38 pags.

RODRIGUEZ, A.F. Os caminhos das águas. *Agroanalysis*1998; 18:22-6.

SABESP. Companhia de Saneamento Básico de São Paulo 2003. Disponível em: <http://www.sabesp.com.br>.

SIGRH (Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos em São Paulo) decreto 21.102 de 30 de janeiro de 2008.

A educação matemática financeira no contexto da cidadania plena e da inclusão social

Hélio Rosetti Júnior

Professor universitário do IFES e do CET-FAESA heliorosetti@cetfaesa.com.br
Doutorando em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Cruzeiro do Sul

Juliano Schimiguel

Professor Doutor do Centro Universitário Anchieta, jschimiguel@anchieta.br
Professor Doutor do Programa de Mestrado e Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Cruzeiro do Sul.

Resumo

A presente pesquisa tem por objetivo debater e ressaltar o significado da Educação Matemática Financeira no Ensino Médio e nos Cursos Técnicos, levando em conta a bibliografia adotada no nível de ensino, os parâmetros curriculares estabelecidos pelo MEC e as demandas do mundo do trabalho para os profissionais nas organizações.

Palavras-chave: Matemática, Educação, Inclusão social, Finanças.

Summary

The current work has the purpose to discuss and emphasize the importance of the Mathematical Financial Education in the Secondary education and Technical Teaching, taking into account the curricular parameters established by the MEC and the demands of the world of the work for the professionals in the organizations.

Key words: Mathematics, Education, Social inclusion, Finances.

INTRODUÇÃO

Trabalhar pedagogicamente os fundamentos de matemática tem sido um desafio para o sistema educacional brasileiro. Ao longo da história, os resultados de desenvolvimento dos alunos têm sido precários, com elevadas taxas de reprovação e retenção, por conta das enormes barreiras de aproveitamento enfrentadas pelos estudantes. Desenvolver estratégias educacionais e pedagógicas que levem o ensino de matemática para a maioria dos alunos, sobretudo nos cursos de perfil profissionalizante, vem sendo um desafio para educadores e gestores da educação, na perspectiva de proporcionar a evolução plena dos jovens no contexto educacional brasileiro.

Nesse contexto, a escola não pode ignorar as novas linguagens e modelos matemáticos tão presentes no mundo dos educandos. Da mesma forma, as exigências do mundo do trabalho não podem ser colocadas de lado, num ambiente econômico e profissional integrado e interconectado. Diante disso, é fundamental que as práticas e os conteúdos ministrados em aula estejam em sintonia com as novas exigências do mundo em que vivemos, para que a educação não seja algo distante da vida dos alunos, mas, ao contrário, seja parte integrante de suas experiências para uma existência melhor.

Isto implica a necessidade constante do trabalhador social de ampliar cada vez mais seus conhecimentos, não só do ponto de vista de seus métodos e técnicas de ação, mas também dos limites objetivos com os quais se enfrenta no seu quefazer. Freire (2006, p.56)

Desmistificar as pesquisas, estimulando a capacidade de leitura e interpretação dos fatos, é função do trabalho escolar na busca da formação de um cidadão pleno. Assim, o ensino e uso dos modelos matemáticos/financeiros em sala de aula devem estar em consonância com as necessidades, os interesses e as experiências de vida dos alunos. As complicadas fórmulas prontas e os modelos acabados, com poucos atrativos para os educandos, devem ceder lugar aos modelos construídos a partir de suas vivências, na busca de soluções dos problemas que fazem parte de suas relações na sociedade.

MATEMÁTICA FINANCEIRA E CIDADANIA

Preparar o jovem para uma vivência plena e cidadã na comunidade exige da escola e dos seus currículos a implementação de competências e habilidades que propiciem uma postura autônoma diante dos problemas a serem enfrentados. Vale ressaltar que neste trabalho educação plena e cidadã tem o significado de educar para a sociedade. Para a participação social efetiva e edificante. É a socialização e disseminação do patrimônio de conhecimento acumulado, o saber sobre os meios de obter o conhecimento e as formas de convivência social e comunitária. É também educar para a convivência social e a cidadania plena, para a tomada de consciência e o exercício dos direitos e deveres do cidadão. Peruzzo (2002).

Neste artigo, tomaremos como Inclusão Social o conjunto de ações afirmativas e educacionais que têm por objetivo o combate à exclusão social em geral vinculada às pessoas de camadas sociais baixas, nível educacional básico ou inexistente, portadoras de necessidades especiais, ou minorias raciais entre outras que não têm acesso pleno às várias oportunidades, inclusive as oportunidades educacionais. Assim, Inclusão Social é possibilitar aos mais vulneráveis socialmente oportunidades de participarem da distribuição de renda do País, ajudando a implementar um sistema que estimule possibilidades sociais a todos e não apenas a uma determinada camada social. Dessa maneira, é feita a proposta do modelo da inclusão social. Este modelo se resume em tornar a sociedade um lugar possível e generoso para a convivência entre as pessoas de todos os tipos e inteligências na consecução de seus direitos, potencialidades e demandas.

O entendimento dos códigos e modelos utilizados nos sistemas econômicos e sociais cria perspectivas de acesso aos processos produtivos que envolvem a sociedade como um todo. Na vida profissional e no ambiente mundo do trabalho, é cada vez maior a exigência educacional de se buscar uma forma mais adequada para um significativo ensino-aprendizagem da Matemática Financeira nos Cursos de formação técnica e tecnológica e para aplicação de seu uso nos problemas financeiros do dia-a-dia, de uma maneira cidadã, criativa e prazerosa. Rosetti (2003, p.35)

Escolher e modular as atividades de aprendizagem é uma competência profissional essencial que supõe não apenas um bom conhecimento dos mecanismos gerais de desenvolvimento e de aprendizagem, mas também

um domínio das didáticas das disciplinas. Perrenoud (2000, p. 48).

A matemática comercial e financeira não é nova. Suas aplicações remontam de períodos anteriores a Cristo.

O conceito, o cálculo e o entendimento de juros¹ são antigos, de acordo com os registros históricos. Essa conceituação apareceu quando o homem percebeu a relação entre o tempo e o dinheiro e seus reflexos na vida das pessoas e povos.

Nos livros do Velho Testamento, na Bíblia, dentre as várias referências sobre juros nos textos sagrados, podemos citar em Êxodo, capítulo 22, versículo 25, “*Se emprestares dinheiro ao meu povo, ao pobre que está contigo, não te haverás com ele como credor; não lhe imporás juros*”. Em Levítico, capítulo 25, versículo 37, “*Não lhe darás teu dinheiro a juros, nem os teus víveres por lucro*”. Nos livros do Novo Testamento também encontramos referências às aplicações financeiras, como em Mateus, capítulo 25, versículo 27, “*Devias então entregar o meu dinheiro aos banqueiros e, vindo eu, tê-lo-ia recebido com juros*”. Assim, a Bíblia Sagrada traz referências de juros e de aplicações financeiras.

Os processos de acúmulo de capital e a desvalorização da moeda resultaram também na idéia dos juros, uma vez que se realizavam efetivamente devido ao valor temporal do dinheiro. Registros antigos mostram que já existiam textos remotos que tratavam da distribuição de produtos agrícolas e de cálculos aritméticos baseados nessas transações. Os Sumérios já utilizavam, adaptados à época, tipos de contratos legais, faturas, recibos, notas promissórias, crédito, juros e escrituras de venda.

Nos registros antigos, os juros eram pagos pelo uso de sementes ou de outros itens emprestados. Com isso, os juros eram remunerados também por meio dos bens. Muitas das práticas atuais tiveram origem nos antigos costumes de cálculo, empréstimo, devolução de sementes e de outros produtos da agricultura, base da civilização atual.

¹ Toma-se por juro a retribuição do capital empregado. Dessa forma, os juros representam de fato a remuneração do capital empregado em alguma atividade produtiva seja ela de qualquer fim. Os juros podem ser capitalizados da seguinte forma: simples ($J = P \times i \times n$) ou composto ($M = C \times (1 + i)^n$), ou mesmo, empregados de forma mista.

DINHEIRO E HISTÓRIA

No início do período colonial brasileiro, o meio circulante foi sendo formado sem ordenação, com as moedas trazidas pelos colonizadores, invasores e piratas que comercializavam na costa brasileira. Dessa forma, ao lado das moedas portuguesas, circularam também moedas das mais diversas nacionalidades, cuja equivalência era estabelecida em função do seu valor intrínseco (conteúdo metálico). Em algumas ocasiões, o uso de mercadorias como moeda obedeceu a determinações legais.

A partir de 1580, com a formação da União Ibérica, verificou-se uma afluência muito grande de moedas de prata espanholas (*reales*), provenientes do Peru, graças ao crescente comércio que se desenvolveu por meio do Rio da Prata. Até o final do século XVII, os *reales* espanhóis constituíram a parcela mais significativa do dinheiro em circulação no Brasil. Em 1614, o Governador do Rio de Janeiro estabeleceu que o açúcar corresse como moeda legal, ordenando que os comerciantes o aceitassem obrigatoriamente como pagamento. No Maranhão, que constituía um estado politicamente separado do Brasil e onde a principal moeda corrente era o algodão, foi legalmente estabelecida, em 1712, a circulação do açúcar, cacau, cravo e tabaco como moeda. Nas duas últimas décadas do século XVII, agravou-se a situação de falta de moeda no Brasil, comprometendo o funcionamento da economia e provocando drástica redução nas rendas da Coroa. Inúmeras representações, pedindo solução para o problema, foram encaminhadas ao rei pelos governadores gerais e das capitanias, representantes das câmaras e membros da igreja e da nobreza. Em 1694, finalmente, D. Pedro II (1667-1706) resolveu criar uma casa da moeda na Bahia, para a cunhagem de moeda provincial para o Brasil (BACEN 2009).

Embora, nos dias de hoje, o formato circular seja adotado em quase todo o mundo, curiosamente já existiram moedas ovais, quadradas, poligonais etc. Foram, também, cunhadas em materiais não metálicos diversos, como madeira, couro e até porcelana. Moedas de porcelana circularam, neste século, na Alemanha, quando, por causa da guerra, este país enfrentava grave crise econômica. As cédulas, de papel, geralmente se apresentam na forma retangular e no sentido horizontal, com grande variedade de tamanhos. Existem, ainda, cédulas quadradas e até as que têm suas inscrições no sentido vertical.

SIGNIFICADO DA MATEMÁTICA FINANCEIRA

Inicialmente, antes de explicar o significado atual do estudo da matemática financeira no Ensino Médio, Técnico e Tecnológico² com sua importância para vida do cidadão e das empresas, é necessário definir o que vem a ser este ramo de matemática amplamente utilizada e aplicada nas diversas relações comerciais e sociais.

Para Assaf Neto (1998, p.13) matemática financeira é o "estudo do dinheiro no tempo ao longo do tempo". Segundo Zentgraf (2003, p.2), além de se preocupar com os aspectos temporais do dinheiro, tais estudos objetivam estabelecer relações entre quantias monetárias registradas em tempos distintos. Porém, a matemática financeira pode ser definida de forma mais simples sendo a aplicação da matemática para decisões de gestão a respeito de operações financeiras. Para que as operações financeiras sejam executadas, é necessária a aplicação de cálculos apropriados, sendo que a análise detalhada desses cálculos é o objeto de estudo e preocupação da matemática financeira. Tendo por finalidade minimizar custos, reduzir riscos e incertezas, gerados pelas constantes mudanças econômicas intensificadas pela refinada tecnologia constante em todos os mercados mundiais, os agentes econômicos buscam sofisticados mecanismos que lhes proporcione uma maior segurança e fundamentação para tomada de decisão, com foco em resultados.

Apreender o sentido dos conteúdos de ensino implica conhecê-los como conhecimentos construídos historicamente e que se constituem, para o trabalhador, em pressupostos a partir dos quais se podem construir novos conhecimentos no processo de investigação e compreensão do real (Ramos, 2005, p. 107).

Os cálculos financeiros são ferramentas fundamentais na de tomada de decisão e na gestão financeira de empresas, comunidades, famílias e pessoas. O desconhecimento destes procedimentos pode ocasionar grandes perdas financeiras. Na sociedade moderna, é comum o cidadão ter, em seu cotidiano, diversas opções de pagamentos, adquirindo um bem ou efetuando o pagamento suas contas, despesas correntes e impostos.

² Ensino Técnico e Tecnológico entendido aqui com formação profissionalizante para atendimento das demandas do mercado de trabalho.

Como discernir qual a forma mais apropriada de efetuar os pagamentos: em parcelas ou de uma só vez? Responder a essa indagação depende de diversos fatores: as taxas de juros e correções cobradas, o prazo de pagamento, a quantidade de prestações, data dos pagamentos assim como a taxa de atratividade, ou seja, a taxa com a qual o dinheiro apresentará melhor rendimento. São decisões financeiras que afetam a vida das pessoas por muito tempo, interferindo nas condutas individuais, familiares e de grupos.

Considero que a abordagem de conteúdos de Matemática Financeira no Ensino Médio pode contribuir com a formação matemática deste nível de aluno, bem como capacitá-lo para entender o mundo em que vive, tornando-o mais crítico ao assistir a um noticiário, ao ingressar no mundo do trabalho, ao consumir, ao cobrar seus direitos e analisar seus deveres. Almeida (2004, p.5)

Devido a isso, a introdução ao estudo da Matemática Comercial e Financeira é importante a partir do Ensino Fundamental, no Ensino Médio e no Ensino Técnico, para promover no aluno as habilidades e competências de analisar e avaliar, criticamente, as situações financeiras que se apresentam em sua vida.

LIVROS DIDÁTICOS E A MATEMÁTICA FINANCEIRA

Verificou-se, por meio de pesquisa bibliográfica³, que existem poucos estudos sobre a aprendizagem de Matemática Financeira no Ensino Médio e nos Cursos Técnicos, apesar da importância do tema para a preparação profissional.

Cabe destacar que a maior parte dos livros didáticos disponíveis no mercado editorial aborda o tema de forma tradicional, com modelos e exercícios pouco criativos, utilizando linguagem excludente, com a aplicação direta de fórmulas.

Os conteúdos são oferecidos, na maioria das vezes, de forma a levar os alunos à memorização de fórmulas, que são utilizadas sem saber o porquê, sem uma ligação

³ Na pesquisa bibliográfica foram pesquisados os estudos acadêmicos e os títulos relativos ao ensino de matemática comercial e financeira, disponíveis nos acervos das bibliotecas online na Internet.

com o seu dia-a-dia. Tal fato também pode ocorrer com outros conteúdos da disciplina, porém acreditamos que com a Matemática Financeira, pode acarretar numa perda muito grande aos alunos, no que se refere a Educação Financeira. Gouveia (2006).

Assim, o significado financeiro dos modelos matemáticos e financeiros não é tocado nem debatido com a preocupação necessária, o prejudica o entendimento prático das argumentações matemáticas. São raros os livros que procuram vincular o tema ao estudo de funções matemáticas, análises de gráficos ou estudo de séries matemáticas e também não problematizam situações cotidianas.

No quadro comparativo da TABELA I, efetuou-se a análise de nove livros didáticos de matemática do Ensino Médio. O quadro está organizado de forma temporal, por ano de publicação, no período de 1990 a 2005⁴. Buscou-se fazer uma comparação entre essas obras, levando-se em conta características dos modelos matemáticos e financeiros, tendo em vista as características de edição dos livros didáticos.

TABELA I

Análise dos modelos matemáticos em livros didáticos de Ensino Médio no conteúdo Matemática Financeira					
Livro	Volume analisado	Modelos de Matemática Financeira	Total de tópicos no capítulo	Páginas destinadas ao assunto	Uso dos modelos.
Iezzi, Gelson. Matemática : volume único / Gelson Iezzi ... (et al.). São Paulo: Saraiva, 1990.	Volume I	Não apresenta capítulo sobre Matemática Financeira	0	0	Não apresenta.
Facchini, Walter. Matemática – volume único. São Paulo: Saraiva, 1997.	Único	Não apresenta capítulo sobre Matemática Financeira	0	0	Não apresenta.
Dos Santos, Carlos Alberto Marcondes. Gentil, Nelson. Greco, Sérgio Emílio. Matemática para o ensino médio. São Paulo: Editora Ática, 1998.	Único	Porcentagem; Juros simples; Juros Compostos	3	3	Aplicação das fórmulas em exemplos; Resolução de exercícios.

⁴ Ano de publicação obtido na ficha catalográfica dos livros analisados.

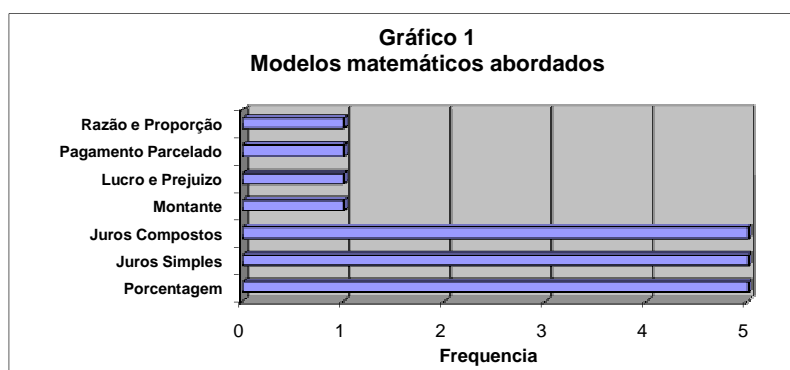
Bezerra, Manoel Jairo. Matemática para o ensino médio – volume único. São Paulo: Scipione, 2001.	Único	Porcentagem; Juros simples; Montante; Desconto Comercial Simples; Juros Compostos	5	6	Aplicação das fórmulas em exemplos; Resolução de exercícios.
Nery, Chico; Trotta, Fernando. Matemática para o Ensino Médio. São Paulo: Saraiva, 2001.	Único	Não apresenta capítulo sobre Matemática Financeira	0	0	Não apresenta.
Bianchini, Edwaldo; Paccola, Herval. Curso de matemática. São Paulo: Moderna, 2003.	Único	Taxa de porcentagem; Lucros e prejuízos; Juros simples; Juro composto; Pagamento parcelado.	6	16	Aplicação das fórmulas em exemplos; Resolução de exercícios; Resolução de testes de vestibular.
2003Dante, Luiz Roberto. Matemática contexto & aplicações. São Paulo: Editora Ática, 2003.	Volume I	Números proporcionais; Porcentagem; Termos importantes da Matemática Financeira; Juros simples; Juros compostos; Juros e funções	6	16	Aplicação das fórmulas em exemplos; Resolução de exercícios; Resolução de testes de vestibular.
Paiva, Manoel. Matemática (Ensino Médio). São Paulo: Moderna, 2004.	Volume I	Não apresenta capítulo sobre Matemática Financeira	0	0	Não apresenta.
2005Iezzi, Gelson. Matemática : volume único / Gelson Iezzi ...(et al.). São Paulo: Atual, 2005.	Único	Razão e proporção; Porcentagem; Juros; Juros simples; Juros compostos	6	18	Aplicação das fórmulas em exemplos; Resolução de exercícios; Resolução de testes de vestibular.

Percebemos que existem no mercado editorial a oferta de diversos livros e compêndios de Matemática Financeira com a finalidade de preparação para concursos, que não são para o Ensino Médio e nem para o Ensino Técnico.

No que tange especificamente à Matemática Comercial e Financeira, e efetuando-se a análise de alguns livros didáticos do Ensino Médio editados anteriormente a 1998, observamos também que o tratamento desse tema matemático praticamente não é contemplado. Em livros posteriores a este período já se observa a abordagem do tema. A inclusão da Matemática Comercial e Financeira nos livros didáticos ocorre pela demanda às orientações contidas nos

PCNs⁵. Os conhecimentos de Matemática Comercial e Financeira tratados nos livros didáticos são principalmente porcentagem, descontos e acréscimos e juros simples e compostos. As atividades propostas por eles são caracterizadas por problemas cujos enunciados expressam possíveis situações consideradas mais próximas da realidade vivenciada pelos alunos do Ensino Médio e Técnico, como por exemplo, a aquisição e venda de produtos, percentuais de aumento de salário, empréstimo de capital e aplicação de multas por atraso de prestações. A proposta de trabalho constante nos PCNs e nos livros didáticos que abordam o tema Matemática Comercial e Financeira possibilita pensar em uma atitude pedagógica que transcenda as aulas apenas expositivas ou a resolução de uma lista de problemas envolvendo apenas a aplicação de fórmulas matemáticas, ou seja, possibilitando a discussão de professores e alunos sobre as situações ali apresentadas. Em um documento mais recentemente publicado pelo MEC, pode-se encontrar a explanação de algumas competências, habilidades e bases tecnológicas que o ensino de Matemática deve proporcionar ao aluno (Almeida, 2004, p.18).

Os modelos matemáticos mais abordados nos capítulos de matemática financeira dos livros analisados são Porcentagem, Juros Simples e Juros Compostos, conforme o Gráfico 1. Percebe-se, com isso que outras análises matemáticas de questões financeiras como “Lucro e Prejuízo”, “Montante”, “Pagamento Parcelado”, “Fluxo de Caixa”, “Séries Financeiras”, entre outras, são escassamente abordados ou até não são contemplados nos textos didáticos.



⁵Parâmetros Curriculares Nacionais - Os Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN - são referências de qualidade para o Ensino Fundamental e Ensino Médio no país, elaboradas pelo Governo Federal/MEC. O objetivo principal é propiciar subsídios à elaboração do currículo, tendo em vista um projeto pedagógico em função da cidadania do aluno e uma escola em que se aprende melhor.

Nos tópicos de Razões, Proporções e Porcentagem, as operações envolvem somente soma, subtração, multiplicação e divisão, com exercícios de aplicações e testes de vestibulares ou de concursos.

Modelo: **$P = q/100$ para $q\%$.**

Exemplos de exercícios:

1. Uma calça é vendida por R\$36,00. Se seu preço for aumentado em 15%, quanto passará a custar? Iezzi (2005, p.181).
2. Após aumento de 12,5% a passagem de ônibus em uma capital nordestina passou a custar R\$ 0,90. Qual era o valor da passagem? Iezzi (2005, p.182).

Nos tópicos envolvendo juros, verificamos operações com modelos matemáticos que utilizam potenciação, quais sejam:

1. Juros simples: **$J = C \cdot I \cdot n$** , onde C é o capital, n o número de períodos e i a taxa.
2. **$M = C(1 + in)$** , onde M é o montante.
3. Juros compostos: **$M_n = C(1 + i)^n$** , onde M_n é o montante com n períodos.

Os exemplos de exercício restringem-se às aplicações dessas fórmulas, sem contextualização desses modelos no dia-a-dia dos alunos em suas comunidades.

Portanto, é preciso ir além dos modelos matemáticos prontos, incrementando o currículo escolar e, conseqüentemente, a bibliografia com textos, conteúdos e práticas que possibilitem competências requeridas no ambiente do trabalho.

Conforme as Bases Legais dos PCN's, a preocupação com a formação para atuação no mundo do trabalho deve ser efetiva nos currículos e nos conteúdos trabalhados nas escolas, visando a uma aplicação imediata dos conhecimentos.

Do ponto de vista legal, não há mais duas funções difíceis de conciliar para o Ensino Médio, nos termos em que estabelecia a Lei nº 5.692/71: preparar para a continuidade de estudos e habilitar para o exercício de uma profissão. A duplicidade de demanda continuará existindo porque a idade de conclusão do ensino fundamental coincide com a definição de um projeto de vida, fortemente determinado pelas condições

econômicas da família e, em menor grau, pelas características pessoais (BRASIL, 1999).

De acordo com os PCN's, numa perspectiva educacional inclusiva do currículo, o entendimento mais amplo da Matemática com seus temas é fundamental para o indivíduo na sociedade tomar decisões em sua vida profissional, social e pessoal, podendo agir com equilíbrio e racionalidade diante das relações de consumo, com condições de identificar as melhores opções de negócios. Dessa forma, as orientações do MEC ressaltam a importância da Matemática para o jovem no Ensino Médio destacando:

Em um mundo onde as necessidades sociais, culturais e profissionais ganham novos contornos, todas as áreas requerem alguma competência em Matemática e a possibilidade de compreender conceitos e procedimentos matemáticos necessários tanto para tirar conclusões e fazer argumentações, quanto para o cidadão agir como consumidor prudente ou tomar decisões em sua vida pessoal e profissional (BRASIL, 1999).

Buscando orientar os currículos de Matemática no Ensino Médio e Técnico, destacando uma preocupação com a formação e interação cidadã⁶ do estudante com a sociedade, com a vida profissional e cultural, num mundo em constante transformação, os PCN formulam que:

Em seu papel formativo, a Matemática contribui para o desenvolvimento de processos de pensamento e a aquisição de atitudes, cuja utilidade e alcance transcendem o âmbito da própria Matemática, podendo formar no aluno a capacidade de resolver problemas genuínos, gerando hábitos de investigação, proporcionando confiança e desprendimento para analisar e enfrentar situações novas, propiciando a formação de uma visão ampla e científica da realidade (...) (BRASIL, 1999).

A matemática no Ensino Médio e na formação técnica deve ser trabalhada preparando o jovem para os diferentes contextos, fugindo-se dos modelos previamente formatados. Afinal, no dia-a-dia do ambiente de trabalho os problemas não são padronizados nem as

⁶ Aqui com ações pedagógicas voltadas para a cidadania plena, a inclusão educacional e social dos alunos.

soluções são prontas para uma simples opção. Ao contrário, apresentam a complexidade dos múltiplos fatores de uma sociedade em permanente mudança. Com isso, no ambiente corporativo e de trabalho, o estudante poderá fazer uso de competências e habilidades financeiras, possibilitando mecanismos de inserção social.

No que diz respeito ao caráter instrumental da Matemática no Ensino Médio, ela deve ser vista pelo aluno como um conjunto de técnicas e estratégias para serem aplicadas a outras áreas do conhecimento, assim como para a atividade profissional. Não se trata de os alunos possuírem muitas e sofisticadas estratégias, mas sim de desenvolverem a iniciativa e a segurança para adaptá-las a diferentes contextos, usando-as adequadamente no momento oportuno (BRASIL, 1999).

Vale destacar que o desemprego e a desocupação dos jovens⁷ é um dos mais graves problemas da atualidade, pois a dramática situação da falta de postos de trabalho e as dificuldades de acesso à rede de proteção social transformam a fase da juventude em uma etapa de incerteza, carente de inclusão social e educacional. Barbosa & Deluiz (2008)

Nesse sentido, merece destaque a orientação contida nos PCN +⁸, Ensino Médio - Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, acerca do significado educacional do Ensino de Matemática.

A resolução de problemas é peça central para o ensino de Matemática, pois o pensar e o fazer se mobilizam e se desenvolvem quando o indivíduo está engajado ativamente no enfrentamento de desafios. Essa competência não se desenvolve quando propomos apenas exercícios de aplicação dos conceitos e técnicas matemáticos, pois, neste caso, o que está em ação é uma simples transposição analógica (...) (BRASIL, 2002).

A competência em utilizar os conhecimentos matemáticos em situações diversas deve ser implementada para a busca da autonomia do educando diante da vida e na comunidade.

⁷ Segundo pesquisa do Ipea (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada) de 2008, o desemprego entre jovens de 15 a 24 anos é 3,5 vezes maior do que entre os trabalhadores considerados adultos, com mais de 24 anos.

⁸ Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais sobre Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.

A passagem do jovem trabalhador da escola para o mundo do trabalho é delimitada e definida pelas dificuldades de sobrevivência da família. Usualmente, quanto menor a renda familiar, maior a proporção de jovens que precisam trabalhar e ingressar no mundo corporativo e organizacional.

Na resolução de problemas, o tratamento de situações complexas e diversificadas oferece ao aluno a oportunidade de pensar por si mesmo, construir estratégias de resolução e argumentações, relacionar diferentes conhecimentos e, enfim, perseverar na busca da solução. E, para isso, os desafios devem ser reais e fazer sentido (BRASIL, 2002).

Por outro lado, as mudanças realizadas no mundo do trabalho têm modificado as exigências para a entrada no mercado de trabalho, tornando cada vez mais urgentes as necessidades de jovens e adultos trabalhadores em aumentar sua escolaridade e qualificar-se profissionalmente, o que procuram fazer, dentre outras formas, por meio de projetos ou programas estatais desenvolvidos em parceria com organizações da sociedade civil, como é o caso do Programa Nacional de Estímulo ao Primeiro Emprego (PNPE). Barbosa & Deluiz (2008)

CONCLUSÃO

A matemática se caracterizou ao longo da sua história como a ciência "que reúne a clareza do raciocínio e a síntese da linguagem"⁹. Nos tempos atuais de informações velozes e globalizadas, esse caráter da matemática tem feito com que o uso dos seus signos, e da sua linguagem estejam cada vez mais presentes em nosso cotidiano. Conhecer e utilizar corretamente essa simbologia e raciocínio são desafios inexoráveis do homem nestes tempos de crise econômica global. Hoje, quase todos os veículos de comunicação lançam mão de modelos matemáticos, tais como índices, percentuais, gráficos, diagramas, tabelas, formas geométricas e levantamentos numéricos de dados, para integrar e enriquecer seus conjuntos de informações a serem divulgadas para a população.

⁹ Expressão usual nas definições clássicas sobre as características da Matemática.

Assim, a matemática, como nenhuma outra ciência, conseguiu construir um conjunto universal de signos, moldando uma linguagem com códigos que atravessam idiomas e culturas. Dessa forma, é possível, por exemplo, um matemático chinês escrever equações ou proposições que um matemático brasileiro entenderá com facilidade Rosetti (2007).

A evolução da matemática fez surgir aplicações específicas, com linguagens, símbolos próprios e aplicativos computacionais, como foi o caso da Matemática Comercial e Financeira, com sua constante evolução, e também da estatística, ramo da matemática aplicada surgida nas questões de estado. Com o avanço tecnológico e a facilidade oferecida pela informática¹⁰, o uso de modelos matemáticos deixou de acontecer esporadicamente para se tornar parte integrante e inseparável da vida do cidadão comum em todos os instantes, em apoio às diversas ações e relações na comunidade.

Os conteúdos de matemática comercial e financeira que são trabalhados atualmente no Ensino Médio e de Ensino Técnico não atendem às demandas dos estudantes e do mundo do trabalho.

Esses conhecimentos merecem ser revistos e reposicionados curricularmente de forma interdisciplinar, conforme as necessidades de estudantes e da comunidade, tendo em vista o cotidiano escolar, na perspectiva de uma formação integral para o mundo do trabalho.

A partir das relações do homem com a realidade, resultantes de estar com ela e de estar nela, pelos atos de criação, recriação e decisão, vai ele dinamizando o seu mundo. Vai dominando a realidade. Vai humanizando-a. Vai acrescentando a ela algo de que ele mesmo é o fazedor (Freire, 1996, p.51).

A Matemática, e em especial a Matemática Comercial e Financeira, não pode continuar sendo um fator de exclusão escolar e social do sistema educacional brasileiro, do mundo profissional e do ambiente corporativo, num contexto informatizado em que as linguagens nos veículos de informação são carregadas de signos lógicos quantitativos. Incrementar os

¹⁰ Hoje é possível se calcular índices, operar planilhas, construir gráficos e analisar quantidades em finanças por meio de telefones celulares ou aparelhos palm tops.

currículos e atitudes educacionais no cotidiano das escolas, incluindo os estudantes brasileiros e os trabalhadores no mundo da matemática financeira, tem o importante significado de inserir uma parcela expressiva da nossa população no ambiente numérico da comunicação contemporânea e da vida econômica e financeira de nosso país.

Referências:

A BÍBLIA SAGRADA. **Traduzida em português por João Ferreira de Almeida.** Revista e Corrigida. Ed. 1995. São Paulo: Sociedade Bíblica do Brasil, 1995.

ALMEIDA, ADRIANA CORREA. **Trabalhando Matemática Financeira em uma sala de aula do Ensino Médio da escola pública / Adriana Correa Almeida.** - Campinas, SP: Unicamp, 2004.(Dissertação de Mestrado)

ASSAF NETO, Alexandre. **Matemática Financeira e suas aplicações.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 1998.

BARBOSA, CARLOS SOARES; DELUIZ, NEIZE. **Qualificação Profissional de Jovens e Adultos Trabalhadores: O Programa Nacional de Estímulo ao Primeiro Emprego em Discussão.** B. Téc. Senac: a R. Educ. Prof., Rio de Janeiro, v. 34, n.1, jan./abr. 2008.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **BACEN. A origem e evolução do dinheiro.** Disponível em: <http://www.bacen.gov.br/?ORIGEMOEDA>, 19/03/2009, 10h20min.

BRASIL, Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio.** Brasília: Ministério da Educação, 1999.

BRASIL, Ministério da Educação. **PCN+.** Brasília: Ministério da Educação, 2002.

FEIRE, PAULO. **Educação e mudança.** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2006.

FEIRE, PAULO. **Educação como prática da liberdade**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1996.

IEZZI, GELSON. **Matemática** : volume único / Gelson Iezzi ...(et al.) – 3. ed. – São Paulo : Atual, 2005.

PERUZZO, CÍCILIA M. KROHLING. **Comunicação comunitária e educação para a cidadania**. PCLA - Volume 4 - número 1: outubro / novembro / dezembro 2002. Disponível no endereço: <http://www2.metodista.br/unesco/PCLA/revista13/revista13.htm>, em 29/04/2009.

RAMOS, MARISE. **Ensino Médio Integrado: concepções e contradições / Gaudêncio Frigotto, Maria Ciavatta, Marise Ramos (orgs.)**. – São Paulo: Cortez, 2005.

ROSETTI JR., HELIO. **Não Pare de Estudar**. Vitória: Oficina de Letras, 2003.

ROSETTI JR., HELIO. **Educação Estatística no ensino básico: uma exigência do mundo do trabalho**. Revista Capixaba de Ciência e Tecnologia, Vitória, n. 2, p. 35-37, 1. sem. 2007

PERRENOUD, PHILIPPE. **Dez novas competências para ensinar**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.

ZENTGRAF, Roberto. **Matemática Financeira** Objetiva. 4. ed. Rio de Janeiro: Editoração Ed. E ZTG Ed.. 2003.

LIVROS ANALISADOS NA PESQUISA:

BEZERRA, MANOEL JAIRO. **Matemática para o ensino médio – volume único**. São Paulo: Scipione, 2001.

BIANCHINI, EDWALDO; PACCOLA, HERVAL. **Curso de matemática**. São Paulo: Moderna, 2003.

DANTE, LUIZ ROBERTO. **Matemática contexto & aplicações**. São Paulo: Editora Ática, 2003.

DOS SANTOS, CARLOS ALBERTO MARCONDES. GENTIL, NELSON. GRECO, SÉRGIO EMÍLIO. **Matemática para o ensino médio**. São Paulo: Editora Ática, 1998.

FACCHINI, WALTER. **Matemática – volume único**. São Paulo: Saraiva, 1997.

GOUVEIA, SIMONE APARECIDA SILVA. **Aprendizagem de matemática financeira: construção e aplicação de webquest**. Rio Claro (SP): Unesp, 2006. (Dissertação de Mestrado)

IEZZI, GELSON. **Matemática : volume único / Gelson Iezzi ...(et al.)**. São Paulo:Saraiva, 1990.

IEZZI, GELSON. **Matemática : volume único / Gelson Iezzi ...(et al.)**. São Paulo: Atual, 2005.

NERY, CHICO; TROTTA, FERNANDO. **Matemática para o Ensino Médio**. São Paulo: Saraiva, 2001.

PAIVA, MANOEL. **Matemática (Ensino Médio)**. São Paulo: Moderna, 2004.