

Apresentação

Araki e Mollo Neto no artigo “Explorando A Construção Computacional De Sinais Periódicos Contínuos Como Combinação Linear De Sinais Senoidais Harmonicamente Relacionados” exploram as Series de Fourier de forma a integrar e alinhar o discurso didático a prática na eletrônica, apresentando e discutindo exemplos do dia a dia e realizando simulações computacionais que apontam para um menor erro de aproximação quando da expansão dos termos da série.

O artigo “Estudo Dos Principais Parâmetros De Controle E A Ação Da Trealose No Processo De Produção De Levedura De Panificação” de Trevizam, Molena e Correia; aborda a necessidade de conhecer a principal matéria-prima do processo de fermentação, o melaço de cana-de-açúcar, seu preparo para ser utilizado no mosto de fermentação, o custo benefício que o melaço tem em termos de rendimento do processo versus preço da matéria-prima e a adição de outros nutrientes necessários para o bom andamento do processo. Aborda, também, o método usado na determinação a trealose endógena devido à sua importância no ciclo de estocagem da levedura de panificação, Finalmente os autores definem de um método físico-químico para a prática didática de disciplinas ligadas a biotecnologia.

O processo de implementação do Sistema de Gestão Ambiental (SGA) de acordo com a norma ISSO 14001 em empresas certificadas é abordado no artigo “Dificuldades para Implementação de Sistemas de Gestão Ambiental (SGA) no Brasil” escrito por Bolonhese e Martins. No artigo é relatado as principais dificuldades da adesão do SGA e que as Pequenas e Médias Empresas foram as que mais tiveram dificuldades na implementação do sistema.

Freitas e Câmara, no artigo “Sistema WEB Para Controle De Frotas”, desenvolvem um sistema web para o controle de frotas de veículos, possibilitando assim a tomada de decisão baseada na posição de cada veículo em tempo real, argumentam que a cada dia torna-se imprescindível monitorar os veículos de uma frota. Com a tecnologia *GPS*, aliada da plataforma *WEB*, o controle da frota pode ser realizado em tempo real pelos administradores das frotas de qualquer lugar que eles estejam fisicamente.

**INDICE**

EXPLORANDO A CONSTRUÇÃO COMPUTACIONAL DE SINAIS PERIÓDICOS CONTÍNUOS COMO COMBINAÇÃO LINEAR DE SINAIS SENOIDAIS HARMONICAMENTE RELACIONADOS.....	3
ESTUDO DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS DE CONTROLE E A AÇÃO DA TREALOSE NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE LEVEDURA DE PANIFICAÇÃO.....	25
DIFICULDADES PARA IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS DE GESTÃO AMBIENTAL (SGA) NO BRASIL.....	41
SISTEMA WEB PARA CONTROLE DE FROTAS.....	58



EXPLORANDO A CONSTRUÇÃO COMPUTACIONAL DE SINAIS PERIÓDICOS CONTÍNUOS COMO COMBINAÇÃO LINEAR DE SINAIS SENOIDAIS HARMONICAMENTE RELACIONADOS

Tetsuo Araki

t_araki@ig.com.br

Centro Universitário Padre Anchieta

Mario Mollo Neto

mariomollo@gmail.com

Universidade Paulista – UNIP/SP

Centro Universitário Padre Anchieta

RESUMO

Esta pesquisa pretende, na exploração da bibliografia e na correspondente prospecção e identificação das unidades curriculares do curso de Engenharia Eletrônica que apresentam pré-requisitos quanto ao conhecimento de séries de *Fourier*, buscar sua exploração como uma alternativa didática para o ensino, de forma a integrar e alinhar o discurso e a maneira de abordagem com o mesmo formalismo para a transmissão de conhecimentos aos discentes. Exemplos foram abordados durante a pesquisa, que são fundamentais para destacar, tanto para os docentes quanto para os discentes, a importância do conhecimento da correta aplicação do desenvolvimento das séries nesta área de conhecimento, buscando uma forte contextualização para a confirmação da sua aplicação em situações práticas do dia a dia, motivando assim os alunos a se aprofundarem nos estudos correspondentes. Explorou-se, ainda, resultados de simulações computacionais que apontam para um menor erro de aproximação quando ao realizar a expansão dos termos da série de *Fourier* e as mesmas permitem visualizar que a pesquisa, simulação e o cálculo com suporte computacional é uma importante ferramenta para promover um suporte preditivo aos estudantes e projetistas de sistemas eletrônicos digitais.

Palavras chaves: Ensino de Séries de *Fourier*, Convergência, Cálculo computacional.

ABSTRACT

This research aims at exploring the literature and the corresponding exploration and identification of courses of Electronic Engineering that have prerequisites as knowledge of Fourier series, pursue its exploration as an alternative to didactic teaching, in order to integrate and align speech and the way to approach the same formalism for the transmission of knowledge to students. Samples were covered during the survey, which are key to highlight both for the teachers and for the students, the importance of knowledge of the correct implementation of the development of the series in this area of knowledge, seeking a strong context for the confirmation of their application in practices situations of

everyday life, thus motivating students to go deeper in the corresponding studies. Was explored, yet, results of computer simulations that show a lower approximation error when to carry out the expansion of the terms of the Fourier series and allow the same view that research, simulation and calculation with computational support is an important tool to promote a predictive support to students and designers of digital electronic systems.

Keywords: Teaching Fourier series, convergence, computational calculation.

INTRODUÇÃO

Esta pesquisa aborda a representação da Série *de Fourier* do ponto de vista didático, procurando explorá-lo como uma alternativa para o direcionamento do ensino de séries no curso superior de Bacharelado em Engenharia Eletrônica do Centro Universitário Padre Anchieta de Jundiaí/SP nas unidades curriculares que demandam esta ferramenta no transcorrer de seus conteúdos programáticos.

A principal motivação vem das dificuldades do aprendizado apresentado pelos discentes nas disciplinas de cálculo, fundamentais para o bom desenvolvimento das atividades do curso de engenharia.

Segundo Godoy e Faria (2012), para isto, é preciso avaliar o currículo do curso *versus* as práticas docentes. Estreitar as relações entre as disciplinas do ciclo básico ao profissionalizante como forma de motivar a aquisição dos conhecimentos, que muitas vezes podem parecer supérfluos e sem aplicações para seu desenvolvimento no curso e na carreira profissional. Isto ainda se deve, segundo os mesmos autores, como sendo uma consequência das justificativas dos insucessos invariavelmente atribuídos à falta de conhecimentos oriundos dos ensinamentos fundamental e médio, o que se completa com o discurso da falta de hábito de estudo dos novos alunos.

Parece, portanto, evidente que qualquer solução para o ensino do Cálculo passa por uma integração entre professores dos ciclos básico, específico e até o profissional do curso, por um entendimento das necessidades, expectativas e formação anterior dos alunos e por práticas adequadas dos professores de engenharia (MELLO *et al.*, 2000).

Considerando estas colocações, serão prospectados no transcorrer deste estudo os conteúdos disponibilizados no Projeto Pedagógico do Curso na busca de unidades curriculares que tenham alguma relação destes conteúdos e o desenvolvimento de atividades que demandem conhecimentos da transformada de *Fourier* em busca de pré-requisitos específicos.

A transformada de *Fourier* constitui-se, provavelmente, na principal ferramenta matemática do engenheiro eletrônico/eletricista e desempenha importante papel em diversas áreas, desde comunicações, processamento de sinais, sistemas de controle, antenas, além de ser extremamente útil na resolução de problemas de valor de contorno em Equações Diferenciais Parciais, que se aplicam a muitos fenômenos que ocorrem na Ótica, Eletricidade, Ondulatória, Magnetismo, Mecânica, e outras áreas do conhecimento, que podem ser descritos através de uma equação diferencial parcial (TONIDANDEL e ARAÚJO, 2012).

Os mesmos autores dizem que, no projeto de sistemas de controle, por exemplo, o engenheiro usualmente deseja avaliar os efeitos de resposta do sistema mediante uma excitação em sua entrada e frequentemente lança mão de ferramentas como a função degrau unitária $u(t)$ e de transformadas como as de *Fourier* e *Laplace*. Isto porque ao conhecer a resposta de um sistema a uma entrada do tipo degrau [ou impulso], é possível determinar imediatamente a resposta do sistema a uma entrada $x(t)$ arbitrária. Elas permitem modelar o comportamento do sistema no domínio da frequência mediante suas funções de transferência.

Sabe-se ainda, que as funções senoidais são muito frequentes nos estudos de eletricidade e da eletrônica, com destaque aos estudos das telecomunicações, assim como em muitos dos campos da engenharia, mas, além disso, funções não senoidais, periódicas, podem, em condições muito gerais, ser colocadas como somas de parcelas senoidais, por meio da série de *Fourier* (YARO e LYRA, 2006).

De acordo com informações de Capelli (2011), a análise espectral e a análise de sinais no domínio do tempo também são muito importantes para a área da engenharia eletrônica e elétrica, pois um sinal puro pode gerar infinitas harmônicas. Dependendo da amplitude e da ordem dessas harmônicas, elas podem acabar por se sobreporem ao sinal fundamental, distorcendo sua forma de onda (Figura 1). Nesta temos ainda um comparativo da natureza do sinal em relação à faixa de frequência que suas harmônicas podem atingir. Segundo o mesmo autor, os domínios do tempo e da frequência podem ser relacionados entre si através da transformada de *Fourier*. Esta transformada calcula, fisicamente, o espectro das frequências de um sinal através de uma análise contínua e infinita no tempo e, segundo o autor, isto é impossível em tempo real.

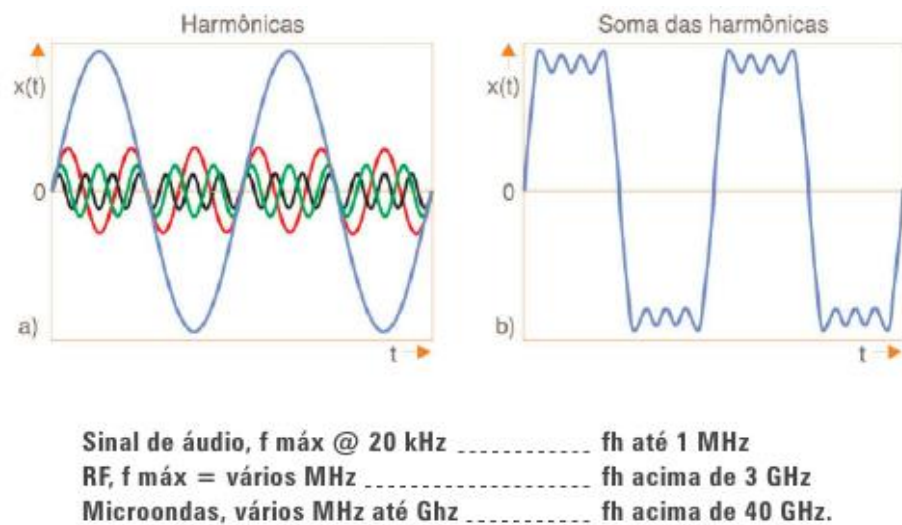


Figura 1. Sinal senoidal deformado pelas harmônicas e o comparativo da natureza do sinal em relação à faixa de frequência. Fonte: (CAPELLI, 2011).

Esta pesquisa aborda o desenvolvimento de procedimentos didáticos e exemplos práticos utilizados para a construção e a representação de sinais como combinações lineares de um conjunto de sinais básicos, focando a representação dos sinais periódicos de tempo contínuo com a série de *Fourier*.

Segundo Oppenheim e Willsky (2010) é vantajosa a representação de sinais como combinações lineares de sinais básicos que possuam as seguintes propriedades:

- O conjunto de sinais básicos pode ser usado para construir uma classe ampla e útil de sinais;
- A resposta de um sistema com sinais periódicos de tempo contínuo, para cada sinal, deve ser simples o suficiente na sua estrutura para fornecer com uma representação conveniente, a resposta a qualquer sinal construído como uma combinação linear dos sinais básicos.

Levando em consideração as abordagens das referências acima destacadas, nesta pesquisa, será realizado também um experimento em que se aplicará a ferramenta de *software* da Matworks (2013), o MATLAB[®] em sua versão 6.1 para simular o comportamento de um conjunto de códigos para a obtenção de uma onda quadrada e aproximá-la por meio da soma de parcelas senoidais, por meio da série de *Fourier*, a fim de permitir uma melhor visualização, no exemplo proposto, entre a aproximação adotada e a função real.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Dificuldades no Ensino de Cálculo:

Segundo Rezende (2008), um dos grandes desafios no ensino superior ainda é, sem dúvida, o tão propalado “fracasso no ensino de Cálculo”. Destacando que, se investigarmos a origem histórica de tal “fracasso”, verificaremos que este tem início desde o momento em que se começa a ensinar Cálculo.

Diante dessa crise de identidade do ensino de Cálculo, destaca o mesmo autor, que se faz urgente redimensionar o paradigma de ensino de Cálculo: nem a preparação para um ensino posterior de Análise e nem a “calculeira desenfreada” servem como meta para um curso de Cálculo; precisa-se voltar o ensino do Cálculo para o próprio Cálculo, os seus significados, os seus problemas construtores e suas potencialidades. Tão importante quanto saber usar as regras de derivação e as técnicas de integração, é saber os seus significados, as suas múltiplas interpretações, sua utilidade em outros campos e em outras áreas do conhecimento.

No trabalho de Godoy e Faria (2012) realizou-se uma varredura no currículo do curso de engenharia elétrica, desenvolvendo uma metodologia que permite avaliar os conteúdos das unidades curriculares buscando pré-requisitos, necessários à aquisição dos conhecimentos referentes à necessidade da aplicação das séries a cada disciplina. Após, para a complementação dos resultados, foram realizadas entrevistas com os docentes para a detecção mais específica destes pré-requisitos.

A Série de *Fourier*:

Segundo Sodré (2003), *Jean B. Fourier* (1768-1830) no livro “*Théorie Analytique de la Chaleur*”, escrito em 1822, introduziu o conceito conhecido atualmente como Série de *Fourier*, que é muito utilizado nas ciências em geral, principalmente nas áreas envolvidas com: Matemática, Engenharia, Computação, Música, Ondulatória, Sinais Digitais, Processamento de Imagens, e outros.

A ideia central do trabalho de *Fourier* era a hipótese fundamental de que, satisfeitas certas condições, uma função pode ser representada por uma série, em que cada parcela desta série é uma combinação linear das funções trigonométricas seno e cosseno, cujos coeficientes são chamados de coeficientes de *Fourier*. Esta ideia não foi aceita de imediato; no entanto, mais tarde, com as contribuições de *Dirichlet*, foi possível estabelecer as condições de convergência das séries de *Fourier* (OURIQUE, 2010).

Assim, *Fourier*, com toda a sua genialidade, mostrou que toda função periódica pode ser representada por uma série de senos e cossenos com amplitudes, fases e períodos específicos, ou seja, por série trigonométrica com maior facilidade de visualização e manipulação.

Mas, antes de prosseguirmos, devemos lembrar que uma função f é dita periódica se existe um número real positivo T , denominado período de f , tal que $f(x) = f(x + T)$, para todo x no domínio de f . Conforme exibe a Figura 2, o gráfico de uma função periódica é obtido pela repetição de qualquer intervalo de comprimento T .

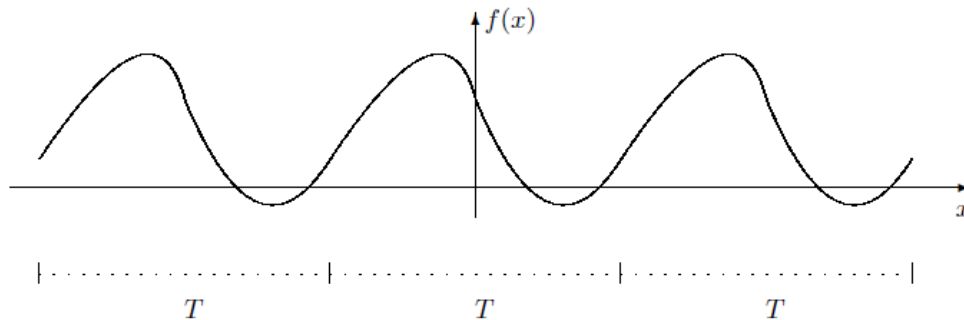


Figura 2. Gráfico de uma função periódica obtido pela repetição de intervalo de comprimento T .

Segue da equação $f(x) = f(x + T)$ que, se f é periódica de período T , então para qualquer n inteiro positivo temos $f(x) = f(x + nT)$, ou seja, qualquer múltiplo inteiro positivo nT do período T também é um período de f . O menor valor de T que satisfaz a equação $f(x) = f(x + nT)$, é chamado período fundamental de f . Qualquer período de f é um múltiplo inteiro do período fundamental. Se T é o período fundamental da função f , então sua frequência (angular) fundamental, denotada por ω_0 é dada por $\omega_0 = \frac{2\pi}{T}$

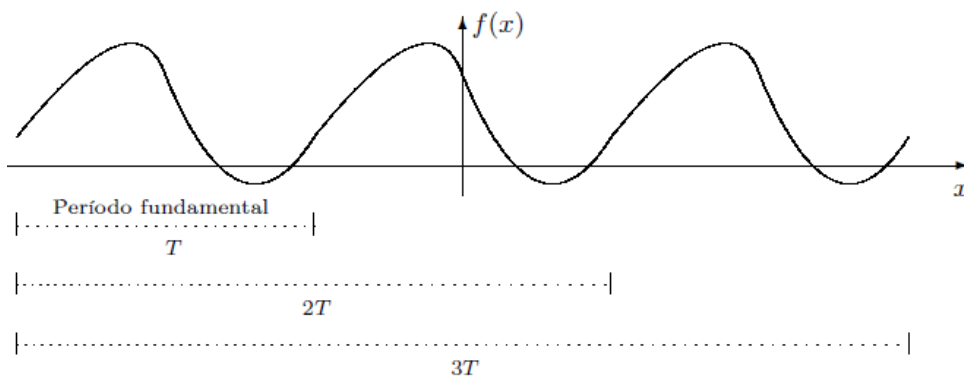


Figura 3. Gráfico de uma função periódica e sua frequência angular fundamental.

Em síntese, *Fourier* afirmou que, qualquer função $f(x)$ periódica, pode ser representada pela série trigonométrica da seguinte forma:

$$f(x) = a_0 + a_1 \cdot \cos x + a_2 \cdot \cos 2x + a_3 \cdot \cos 3x + \dots + a_n \cdot \cos nx + \dots + b_1 \cdot \sin x + b_2 \cdot \sin 2x + b_3 \cdot \sin 3x + \dots + b_n \cdot \sin nx + \dots$$

Assim, basta calcularmos os coeficientes $a_0, a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ e $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ definidos por:

$$a_0 = \frac{1}{T} \int_T f(x) dx$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_T f(x) \cdot \cos(n \cdot \omega_0 \cdot x) dx$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_T f(x) \cdot \sin(n \cdot \omega_0 \cdot x) dx$$

onde: $\omega_0 = \frac{2\pi}{T}$ é a frequência fundamental do sinal $f(x)$

T é o período fundamental do sinal $f(x)$.

Segundo Yaro e Lyra (2006), pode-se demonstrar também que a soma de uma série de *Fourier* truncada é a melhor aproximação de uma função periódica como combinação linear das funções trigonométricas consideradas na soma. Melhor aproximação, para os mesmos autores, neste caso, significa a aproximação da função com o menor erro quadrático.

O Fenômeno de Gibbs:

Se f é uma função seccionalmente diferenciável e absolutamente integrável, o Teorema de *Fourier* garante que a série de *Fourier* de f converge uniformemente para f em todo intervalo fechado que não contenha pontos de descontinuidade de f . Se existir um ponto de descontinuidade neste intervalo I , a convergência não poderá ser uniforme em I (LOPES e PRECIOSO, 2009).

Segundo as mesmas autoras, *Gibbs* estudou a convergência da série de *Fourier* próximo a um ponto p de descontinuidade e descobriu um comportamento curioso, que ficou conhecido como fenômeno de *Gibbs*: a oscilação da soma parcial de ordem n no ponto $x = p$, não aproxima o salto de f no ponto $x = p$, independentemente do grau de proximidade de x com p .

Em situações práticas as ondas quadradas possuem apenas larguras de banda finitas, e comumente exibem efeitos de pulsação similares aos observados no fenômeno de *Gibbs*, ou efeitos de oscilação (*ripple*) similares aos da aproximação *sigma* (que é a aproximação para

uma variável aleatória com um grande número de amostras). Esse fenômeno ocorre por causa da transição brusca de 0 para 1 (e de 1 para 0) da janela retangular.

Para uma aproximação razoável do formato da onda quadrada, ao menos a harmônica fundamental e a terceira harmônica devem estar presentes, com a quinta harmônica sendo desejável. Estes requerimentos de largura da banda são importantes na eletrônica digital, aonde aproximações analógicas com largura de banda finita são utilizadas para gerarem formas de onda semelhantes à da onda quadrada (reconstrução pós-quantização). Os pulsos de transição são um fator importante neste caso, pois eles podem exceder os limites elétricos dos circuitos.

Projeto de Filtros Digitais:

Um exemplo pode ser dado ainda, no curso em questão, a partir de um dos conteúdos da unidade curricular “Processamento Digital de Sinais”, com a apresentação da construção de filtros como apresentado por Oppenheim e Willsky (2010), onde o fenômeno de *Gibbs* aparece no comportamento oscilatório próximo da banda de transição do filtro e para que se possa aliviar a presença das grandes oscilações na banda passante e na banda de corte, os autores sugerem que se devem usar funções que decaem a zero gradualmente.

Considerando um filtro do tipo passa-faixa, que é um dispositivo que permite a passagem das frequências de certa faixa e rejeita (atenua) as frequências fora dessa faixa, pode-se analisar a redução das oscilações.

Um filtro ideal possuiria uma banda passante totalmente plana (sem atenuação) e iria atenuar completamente todas as frequências fora desta banda. Adicionalmente, a transição para fora da banda seria instantânea em frequência. Na prática, nenhum filtro passa-faixa é ideal. O filtro não atenua todas as frequências fora da faixa desejada; existe uma região em particular fora da banda desejada em que as frequências são atenuadas, mas não rejeitadas. Este efeito é conhecido como o *roll-off* do filtro, e é geralmente expresso em dB de atenuação por oitava de frequência. Geralmente, o projeto de um filtro busca tornar o *roll-off* o mais seletivo possível para que posteriormente o filtro trabalhe o mais próximo do desejado. Entretanto, conforme o *roll-off* é tornado mais seletivo, a banda passante não é mais plana, ela começa a produzir um '*ripple*'. Este efeito é particularmente aparente na queda da banda passante, e é exatamente a manifestação prática do fenômeno de Gibbs.

Entre a frequência de corte inferior $f1$ e a frequência de corte superior $f2$ de um faixa de frequências está a frequência de ressonância, na qual o ganho do filtro é o máximo. A largura de banda de um filtro é a diferença entre $f2$ e $f1$.

Aplicação de Recursos Computacionais para a Análise e Simulação em Eletrônica:

Baseado na pesquisa de Ourique (2010) tem-se o destaque que, a utilização de recursos computacionais em praticamente todas as áreas da atividade humana, permite o acesso e a divulgação de informações numa escala muito maior do que aquela dos tempos em que *Fourier* viveu. Segundo o mesmo autor, o uso de recursos computacionais permite facilidades de cálculo, deixando mais tempo para análise e interpretação de resultados.

O Matlab[®] da Matworks (2013) é uma ferramenta de programação destinada a fazer cálculos com matrizes (Matlab = *MATRIX LABORATORY*). MATLAB[®] foi criado no fim dos anos 1970 por *Cleve Moler*, então presidente do departamento de ciências da computação da Universidade do Novo México. Ele logo se espalhou para outras universidades e encontrou um forte uso no âmbito da comunidade matemática aplicada. *Jack Little*, um engenheiro, conheceu a linguagem MATLAB[®], durante uma visita feita por *Moler* a Universidade de *Stanford* em 1983. Reconhecendo o seu potencial comercial, ele juntou-se a *Moler* e *Steve Bangert*. Eles reescreveram MATLAB[®] em C, em 1984 fundaram a MathWorks e prosseguiram no seu desenvolvimento. As bibliotecas reescritas ficaram conhecidas como LAPACK.

MATLAB[®] foi adotado pela primeira vez por engenheiros de projeto de controle, a especialidade de *Little*, e rapidamente se espalhou para outros campos de aplicação. Agora, é também utilizado nas áreas da educação, em especial o ensino da álgebra linear e análise numérica, e é muito popular entre os cientistas envolvidos com o processamento de imagem e o MATLAB[®] é construído na linguagem MATLAB[®], às vezes chamada M-código ou simplesmente M (MATWORKS, 2013).

MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa baseou-se inicialmente na exploração bibliográfica de conteúdos relacionados à fundamentação sobre os problemas atuais no ensino de Cálculo, o desenvolvimento da série de *Fourier*, sua importância e aplicação em cursos de engenharia elétrica e eletrônica, e a sua transformada de tempo contínuo e nos efeitos de pulsação similares aos observados no fenômeno de *Gibbs*, ou efeitos de oscilação (*ripple*).

Foram prospectados no transcorrer deste estudo os conteúdos disponibilizados no Projeto Pedagógico do Curso em questão, focando nas suas unidades curriculares que tenham alguma relação com a aplicação destes conceitos e conteúdos em busca de pré-requisitos, utilizando a mesma metodologia proposta no trabalho de Godoy e Faria (2012).

A seguir foi definido analiticamente o desenvolvimento em série de *Fourier* de uma função periódica simples, a chamada "onda quadrada", fundamental para os estudos de engenharia eletrônica/elétrica, para ilustrar aos docentes o rigor do procedimento de desenvolvimento e a forma de sua apresentação em sala de aula para os discentes.

A seguir, para aplicar o método proposto por Ourique (2010), adotou-se o procedimento de análise e simulação computacional para processar dados correspondentes com o objetivo de se obter uma onda quadrada por meio da sua aproximação através da soma de parcelas senoidais, aplicando a série de *Fourier*.

Ourique (2010), em sua pesquisa, adotou a ferramenta de *software Maple*. Na presente pesquisa a escolha foi diferente e, para aplicar o método proposto por Ourique (2010), adotou-se o procedimento de análise e simulação computacional com a aplicação da ferramenta de *software* da *Matworks* (2013), o *MATLAB®* em sua versão 6.1.

Para tal, iniciou-se o procedimento de codificação para, a partir de uma onda senoidal pura, iniciar o processamento alterando os valores para a melhor aproximação, considerando a soma de parcelas senoidais e fenômeno de *Gibbs*, ou efeitos de oscilação (*ripple*). Desta forma, no contexto apresentado por Ourique (2010), este trabalho apresenta uma abordagem computacional de cálculo dos coeficientes de *Fourier* e das somas parciais da série de *Fourier* de uma dada função para valores de aproximação (convergência da função) para 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17 e 19 (que são a harmônica fundamental, e as de ordem ímpar experimentadas em laboratório de informática do Centro Universitário).

A fim de comparar os resultados obtidos entre a aproximação adotada e a função real, foram apresentados os gráficos gerados dos processamentos para as diversas contribuições, simultaneamente, das harmônicas de ordem ímpar para que se pudessem observar os comportamentos das oscilações (*ripple*) das formas de onda resultantes e um gráfico que condensa o sinal senoidal original (harmônica fundamental) e o sinal gerado pelas demais harmônicas ímpares acima listadas para que os docentes e discentes possam melhor perceber a convergência ocorrendo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As disciplinas prospectadas do projeto pedagógico que apresentam, no curso em estudo, algum pré-requisito que demande preparação do docente responsável para promover um melhor aproveitamento discente quanto à utilização das séries de *Fourier*, segundo a aplicação da mesma metodologia desenvolvida por Godoy e Faria (2012), foram as seguintes: Física I, Física II, Física III, Cálculo III, Cálculo IV, Métodos Numéricos para Engenharia, Cálculo V, Fenômenos de Transportes, Circuitos Elétricos I, Circuitos Elétricos II, Circuitos Eletrônicos I, Sinais e Sistemas em Engenharia Eletrônica, Circuitos Eletrônicos II, Fundamentos de Controle, Sistemas de Comunicação, Controle Digital, Eletromagnetismo, Princípios de Comunicação, Circuitos Eletrônicos III, Ondas Eletromagnéticas, Processamento Digital de Sinais, Antenas, Eletrônica de Potência, Projeto de Sistemas Digitais e Comunicação Digital.

Dando andamento aos trabalhos, foi definido analiticamente o desenvolvimento em série de *Fourier* de uma função periódica simples: a chamada "onda quadrada", cujo gráfico é apresentado na Figura 4. As ondas quadradas são universalmente encontradas nos circuitos de chaveamento digitais e são naturalmente encontradas em dispositivos lógicos de dois níveis. Elas são utilizadas como referências de tempo em "sinais de *clock* (relógio)", devido a suas transições rápidas serem aplicáveis para o *trigger* de circuitos de lógica síncrona em intervalos de tempo precisos. Entretanto, as ondas quadradas contêm uma grande faixa de harmônicas, e estas podem gerar radiação eletromagnética ou pulsos de corrente que podem interferir em circuitos próximos, causando ruídos ou erros.

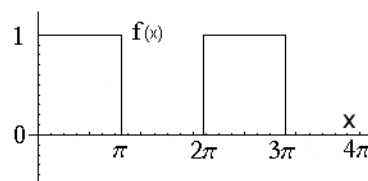


Figura 4. Função periódica simples - Onda quadrada.

No primeiro período, ela pode ser escrita como:

$$f(x) = 1, \text{ se } 0 \leq x < \pi \text{ e } f(x) = 0, \text{ se } \pi \leq x < 2\pi, \text{ ou seja, } f(x) = \begin{cases} 1, 0 \leq x < \pi \\ 0, \pi \leq x < 2\pi \end{cases}$$

$$\text{Então, } T = 2\pi \text{ e } \omega_0 = \frac{2\pi}{2\pi} = 1$$

Calculando os coeficientes, conforme definido anteriormente:

$$a_0 = \frac{1}{2\pi} \left[\int_0^{\pi} 1 \cdot dx + \int_{\pi}^{2\pi} 0 \cdot dx \right] = \frac{1}{2\pi} (x) \Big|_0^{\pi} = \frac{1}{2}$$

$$a_n = \frac{2}{2\pi} \left[\int_0^{\pi} 1 \cdot \cos(nx) dx + \int_{\pi}^{2\pi} 0 \cdot \cos(nx) dx \right] = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{\text{sen}(nx)}{n} \Big|_0^{\pi} = \left[\frac{1}{\pi \cdot n} \cdot \text{sen}(n\pi) \right] - \left[\frac{1}{\pi \cdot n} \cdot \text{sen}(0) \right] = 0$$

$$b_n = \frac{2}{2\pi} \left[\int_0^{\pi} 1 \cdot \text{sen}(n \cdot x) dx + \int_{\pi}^{2\pi} 0 \cdot \text{sen}(nx) dx \right] = -\frac{1}{\pi} \cdot \frac{\cos(nx)}{n} \Big|_0^{\pi} = \left[-\frac{1}{\pi \cdot n} \cdot \cos(n\pi) \right] - \left[-\frac{1}{\pi \cdot n} \cdot \cos(0) \right] = -\frac{1}{\pi \cdot n} \cdot \cos(n\pi) + \frac{1}{\pi \cdot n} = \frac{-\cos(n\pi) + 1}{\pi \cdot n}$$

Então,
$$\begin{cases} b_n = 0, & \text{se } n \text{ é par} \\ b_n = \frac{2}{\pi \cdot n}, & \text{se } n \text{ é ímpar} \end{cases}$$

Assim, temos os coeficientes:

$$a_0 = \frac{1}{2}, a_1 = 0, a_2 = 0, a_3 = 0, \dots, \text{ pois } a_n = 0, \text{ para qualquer inteiro } n > 0$$

$$b_1 = \frac{2}{\pi}, b_2 = 0, b_3 = \frac{2}{3\pi}, b_4 = 0, b_5 = \frac{2}{5\pi} \dots$$

Agora, finalmente, vamos determinar a série de *Fourier* para a função $f(x)$ dada:

$$f(x) = \frac{1}{2} + \frac{2\text{sen}(x)}{\pi} + \frac{2\text{sen}(3x)}{3\pi} + \frac{2\text{sen}(5x)}{5\pi} + \frac{2\text{sen}(7x)}{7\pi} \dots$$

Neste caso, segundo informações obtidas de Gomes (2007), destacamos que este resultado se deve ao fato de a série trigonométrica de *Fourier* admitir duas simplificações, a saber:

- Se a função $f(t)$ for PAR, ou seja, $f(t) = f(-t)$, então todos os termos b_n serão nulos e a decomposição da função só terá cossenos.
- Se a função $f(t)$ for IMPAR, ou seja, $f(t) = -f(-t)$, então todos os termos a_n serão nulos e a decomposição da função só terá senos.

Ainda com relação aos resultados obtidos e considerações feitas, faremos uma análise mais detalhada, visando melhor compreensão dos cálculos dos coeficientes de *Fourier* da

função utilizada em nosso exemplo. Para isso, utilizaremos o conceito de valor médio de uma função de período 2π , que doravante representaremos por $\langle \rangle$, que é definido como sendo a medida da altura do retângulo de base igual ao período (2π), cuja área é a mesma da região entre a curva que representa a função e o eixo das abscissas.

Desta forma, o valor médio de uma função $f(x)$ de período 2π é dada por $\langle f(x) \rangle = A/2\pi$, onde A é a área da região entre a curva que representa $f(x)$ e o eixo das abscissas.

Importante lembrar, que o valor médio de uma função com determinado período envolvendo $\text{sen}nx$ e/ou $\text{cos}nx$, $n \geq 1$, é sempre igual a **zero**, como podemos observar nos exemplos da figura 5.

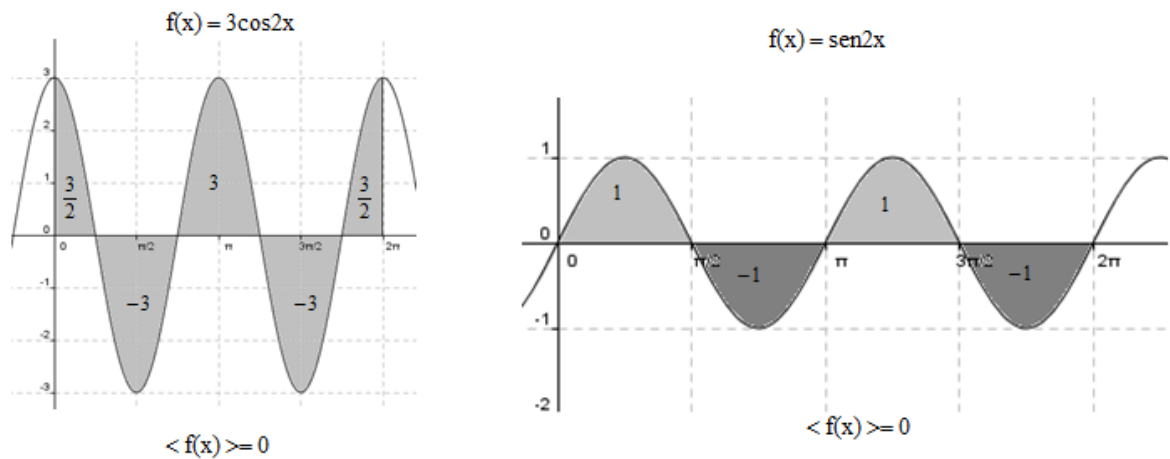


Figura 5. Indicação de que o valor médio de uma função envolvendo $\text{sen}nx$ e/ou $\text{cos}nx$ é sempre igual a zero.

Para as funções $f(x) = \text{sen}^2 nx$ e $f(x) = \text{cos}^2 nx$, temos (figura 6):

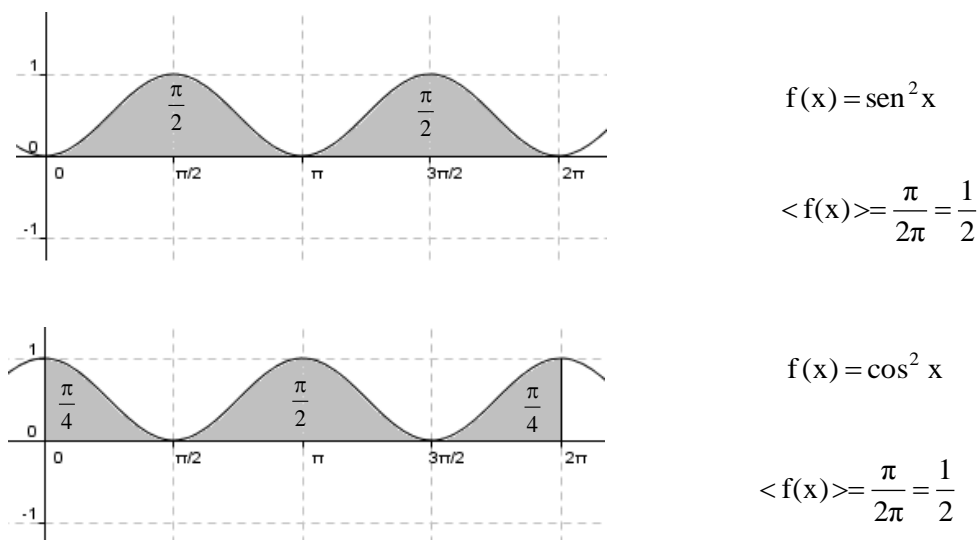


Figura 6. Funções $f(x)=\text{sen}^2x$ e $f(x)=\text{cos}^2x$.

Em geral: $\langle \text{sen}^2 nx \rangle = \langle \text{cos}^2 nx \rangle = \frac{1}{2}$

O coeficiente a_0 é definido como sendo o valor médio da função $f(x)$. Em nosso exemplo, $A = \pi$. Como $\langle f(x) \rangle = A/2\pi$, temos:

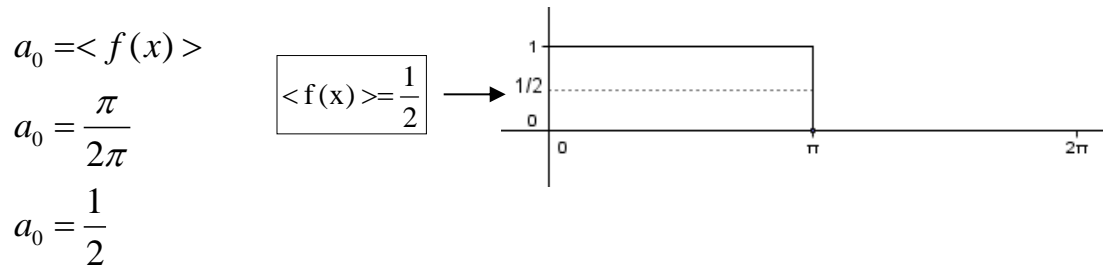


Figura 7. Indicação do valor médio da função estudada.

Para o cálculo de a_n , $n \geq 1$, multiplicamos a série de *Fourier* por $\text{cos} nx$ e, em seguida, tomamos o valor médio de cada termo.

Cálculo de a_1 :

$$f(x) \text{cos} x = a_0 \text{cos} x + a_1 \cdot \text{cos}^2 x + a_2 \cdot \text{cos} 2x \cdot \text{cos} x + a_3 \cdot \text{cos} 3x \cdot \text{cos} x + \dots +$$

$$b_1 \cdot \text{sen} x \cdot \text{cos} x + b_2 \cdot \text{sen} 2x \cdot \text{cos} x + b_3 \cdot \text{sen} 3x \cdot \text{cos} x \dots$$

$$\langle f(x) \text{cos} x \rangle = \langle a_0 \text{cos} x \rangle + \langle a_1 \cdot \text{cos}^2 x \rangle + \langle a_2 \cdot \text{cos} 2x \cdot \text{cos} x \rangle + \langle a_3 \cdot \text{cos} 3x \cdot \text{cos} x \rangle + \dots +$$

$$\langle b_1 \cdot \text{sen} x \cdot \text{cos} x \rangle + \langle b_2 \cdot \text{sen} 2x \cdot \text{cos} x \rangle + \langle b_3 \cdot \text{sen} 3x \cdot \text{cos} x \rangle \dots$$

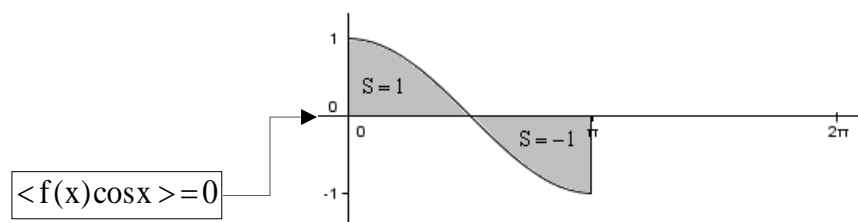
Podemos observar que todos os valores médios dos termos do 2º membro da equação são **nulos**, exceto o termo correspondente ao coeficiente a_1 , pois os demais termos contém o valor médio de uma função envolvendo $\text{sen} nx$ e/ou $\text{cos} nx$.

Então, $\langle f(x) \text{cos} x \rangle = \langle a_1 \cdot \text{cos}^2 x \rangle$

Lembrando que o valor médio da função $\text{cos}^2 nx$ é igual a $1/2$, temos:

$$0 = \langle a_1 \cdot \frac{1}{2} \rangle$$

Logo, $a_1 = 0$.

Figura 8. Representação gráfica de $f(x)\text{cos}x$.

Analogamente para o cálculo de a_2 , multiplicamos a série por $\cos 2x$.

$$\langle f(x) \cos 2x \rangle = \langle a_0 \cos 2x \rangle + \langle a_1 \cdot \cos x \cdot \cos 2x \rangle + \langle a_2 \cdot \cos^2 2x \rangle + \langle a_3 \cdot \cos 3x \cdot \cos 2x \rangle + \dots$$

$$+ \langle b_1 \cdot \sin x \cdot \cos 2x \rangle + \langle b_2 \cdot \sin 2x \cdot \cos 2x \rangle + \langle b_3 \cdot \sin 3x \cdot \cos 2x \rangle \dots$$

$$\langle f(x) \cos 2x \rangle = \langle a_2 \cdot \cos^2 2x \rangle$$

$$0 = a_2 \cdot \frac{1}{2}$$

$$a_2 = 0$$

$$\langle f(x) \cos 2x \rangle = 0$$

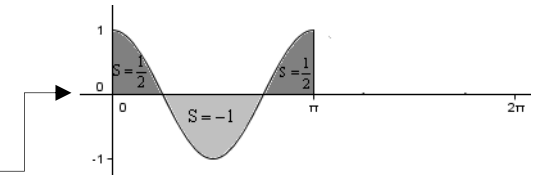


Figura 9. Representação gráfica de $f(x)\cos 2x$.

Generalizando, vemos que $\langle f(x) \cos nx \rangle = 0$, para todo $n \geq 1$.

Assim, $a_1 = a_2 = a_3 = \dots = a_n = 0$.

Para a obtenção de b_n , procedemos de modo semelhante, multiplicando a série de *Fourier* por $\sin nx$.

Cálculo de b_1 :

$$\langle f(x) \sin x \rangle = \langle a_0 \sin x \rangle + \langle a_1 \cdot \cos x \cdot \sin x \rangle + \langle a_2 \cdot \cos 2x \cdot \sin x \rangle + \langle a_3 \cdot \cos 3x \cdot \sin x \rangle + \dots +$$

$$\langle b_1 \cdot \sin^2 x \rangle + \langle b_2 \cdot \sin 2x \cdot \sin x \rangle + \langle b_3 \cdot \sin 3x \cdot \sin x \rangle \dots$$

$$\langle f(x) \sin x \rangle = \langle b_1 \cdot \sin^2 x \rangle$$

$$\langle f(x) \sin x \rangle = b_1 \cdot \frac{1}{2}$$

$$\frac{1}{\pi} = b_1 \cdot \frac{1}{2}$$

$$b_1 = \frac{2}{\pi}$$

$$\langle f(x) \sin x \rangle = \frac{2}{2\pi} = \frac{1}{\pi}$$

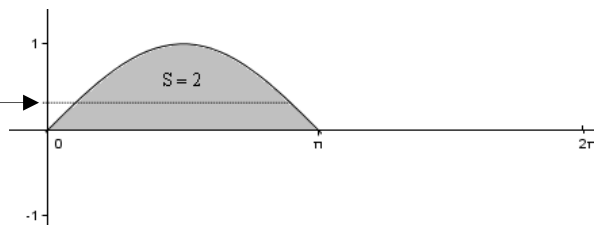


Figura 10. Representação gráfica de $f(x)\sin x$.

Lembrando que o valor médio da função $\sin^2 nx$ é igual a $\frac{1}{2}$.

Cálculo de b_2 :

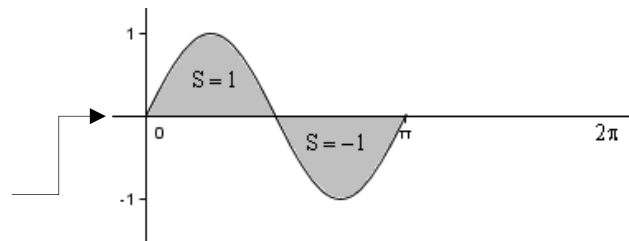
$$\langle f(x) \sin 2x \rangle = \langle a_0 \sin 2x \rangle + \langle a_1 \cdot \cos x \cdot \sin 2x \rangle + \langle a_2 \cdot \cos 2x \cdot \sin 2x \rangle + \langle a_3 \cdot \cos 3x \cdot \sin 2x \rangle + \dots +$$

$$\langle b_1 \cdot \sin x \cdot \sin 2x \rangle + \langle b_2 \cdot \sin^2 2x \cdot \sin x \rangle + \langle b_3 \cdot \sin 3x \cdot \sin 2x \rangle \dots$$

$$\langle f(x) \sin 2x \rangle = \langle b_2 \cdot \sin^2 2x \rangle$$

$$\langle f(x) \sin 2x \rangle = b_2 \cdot \frac{1}{2}$$

$$b_2 = 0$$



$$\langle f(x)\text{sen}2x \rangle = 0$$

Figura 11. Representação gráfica de $f(x)\text{sen}2x$.

Cálculo de b_3 :

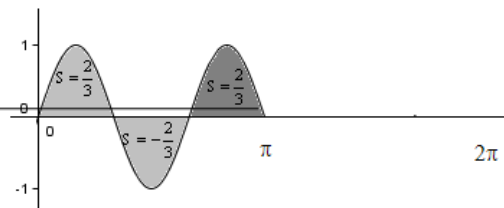
$$\begin{aligned} \langle f(x)\text{sen}3x \rangle = & \langle a_0\text{sen}3x \rangle + \langle a_1.\cos x.\text{sen}3x \rangle + \langle a_2.\cos 2x.\text{sen}3x \rangle + \langle a_3.\cos 3x.\text{sen}3x \rangle + \dots + \\ & \langle b_1.\text{sen}x.\text{sen}3x \rangle + \langle b_2.\text{sen}2x.\text{sen}3x \rangle + \langle b_3.\text{sen}^2 3x \rangle + \langle \text{sen}4x.\text{sen}3x \rangle + \dots \end{aligned}$$

$$\langle f(x)\text{sen}3x \rangle = \langle b_3.\text{sen}^2 3x \rangle$$

$$\frac{1}{3\pi} = b_3 \cdot \frac{1}{2}$$

$$b_3 = \frac{2}{3\pi}$$

$$\langle f(x)\text{sen}3x \rangle = \frac{\frac{2}{3}}{2\pi} = \frac{1}{3\pi}$$

Figura 12. Representação gráfica de $f(x)\text{sen}3x$.

Observando os resultados anteriores, vemos que $b_2=b_4= b_6= b_8=\dots 0$ e $b_1=b_3= b_5= \dots = \frac{2}{n\pi}$

Podemos observar que, neste desenvolvimento, não existem termos envolvendo o cosseno porque $a_1 = a_2 = a_3 = \dots = a_n = 0$

Então, utilizando os coeficientes encontrados temos a função que representa a onda quadrada inicialmente apresentada na Figura 4, por meio da sua aproximação através da soma de parcelas senoidais:

$$f(x) = \frac{1}{2} + \frac{2\text{sen}(x)}{\pi} + \frac{2\text{sen}(3x)}{3\pi} + \frac{2\text{sen}(5x)}{5\pi} + \frac{2\text{sen}(7x)}{7\pi} \dots$$

Tendo a introdução formal dos exemplos acima apresentados, iniciam-se os procedimentos de codificação para o experimento da pesquisa, para processar dados correspondentes ao projeto de simulação computacional com o objetivo de se obter uma onda quadrada por meio da sua aproximação através da soma de parcelas senoidais, por meio da série de *Fourier*.

A partir de uma onda senoidal adotada como sendo inicial para a aproximação como ilustra a Figura 13, encaminhar o processamento no contexto apresentado por Ourique (2010), alterando os parâmetros de programação para a melhor aproximação, considerando a soma de parcelas senoidais e fenômeno de *Gibbs*, ou efeitos de oscilação (*ripple*).

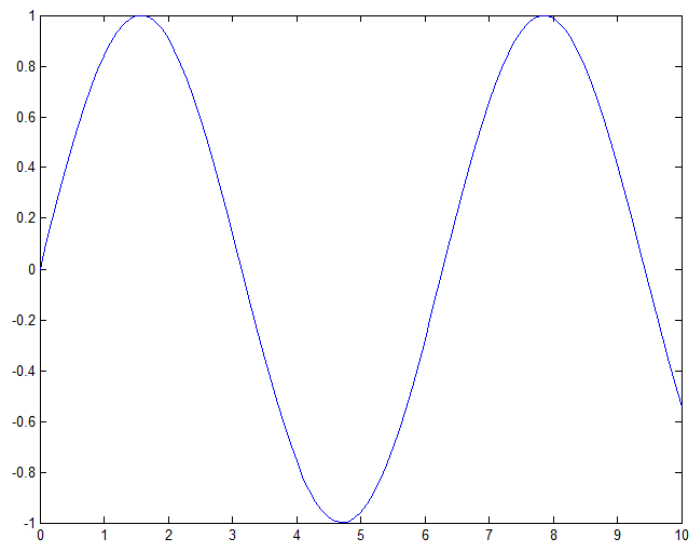


Figura 13. Onda senoidal utilizada como referência para os experimentos.

A obtenção desta forma de onda senoidal inicial ($k=1$) teve como base a codificação MATLAB® *Matworks* (2013), a seguir:

```
t = 0:.1:10;
y = sin(t);
plot(t,y);
```

Na primeira linha do código observamos que os eixos do gráfico foram definidos para que os valores de (y) excursionassem de 0 a 1 e o eixo correspondente ao tempo (t) excursionassem de 0 a 10.

Na segunda linha temos a função senoidal que representa o sinal puro, ou a harmônica fundamental e, finalmente a terceira linha com o comando para que o gráfico seja efetivamente plotado.

O próximo passo foi a codificação para a construção das formas de onda e aproximá-las por meio da soma de parcelas senoidais, por meio da série de *Fourier*, alterando-se os parâmetros de aproximação, cujos coeficientes são chamados de coeficientes de *Fourier*, para obter combinação linear das funções trigonométricas seno e cosseno.

Para tal, o código a seguir foi desenvolvido e aplicado aos experimentos:

A rotina foi executada para os parâmetros de aproximação assumindo os valores de: 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17 e 19 que são as harmônicas de ordem ímpar.

Para obter-se a aproximação da terceira harmônica ($k=3$) a codificação MATLAB® *Matworks* (2013), foi alterada para o seguinte:

```
t = 0:1:10;
y = sin(t) + sin(3*t)/3;
plot(t,y);
```

Neste caso, observa-se que a única alteração aconteceu junto à segunda linha do código, onde temos agora a função senoidal que representa o sinal puro mais a parcela senoidal referente à terceira harmônica. O resultado encontra-se na Figura 14.

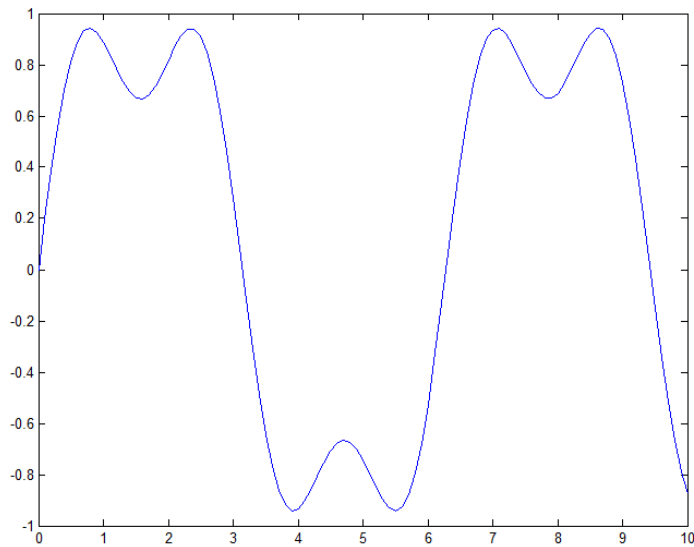


Figura 14. Aproximação para $k=3$.

Para obterem-se as aproximações das demais harmônicas previstas para o experimento, a codificação MATLAB[®] *Matworks* (2013), foi alterada sempre da mesma forma, onde se observa que as únicas alterações aconteceram junto à segunda linha do código, onde foram sempre somadas à função senoidal que representa o sinal puro as parcelas senoidais referentes às demais harmônicas.

Os resultados encontram-se nas Figuras 15 a 22.

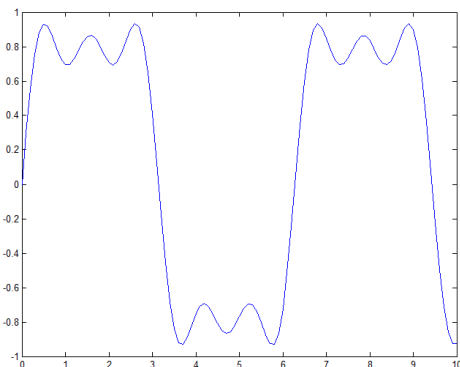


Figura 1. Aproximação para $k=5$.

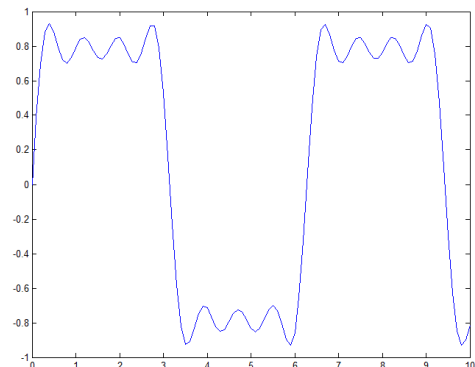


Figura 2. Aproximação para $k=7$.

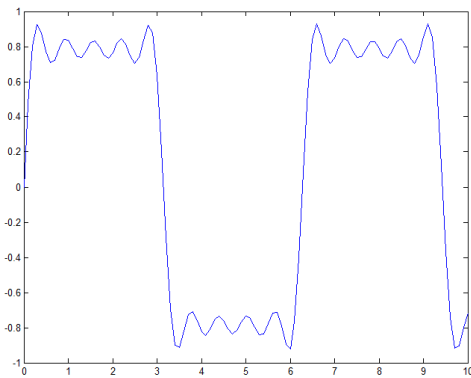


Figura 3. Aproximação para k=9.

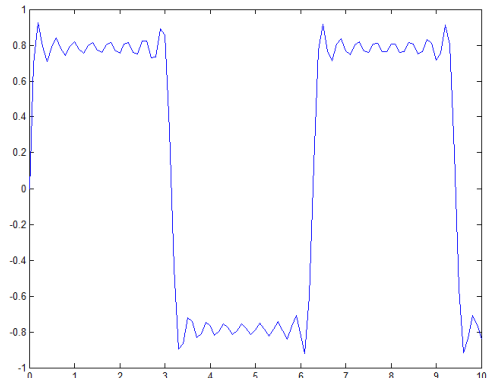


Figura 6. Aproximação para k=15.

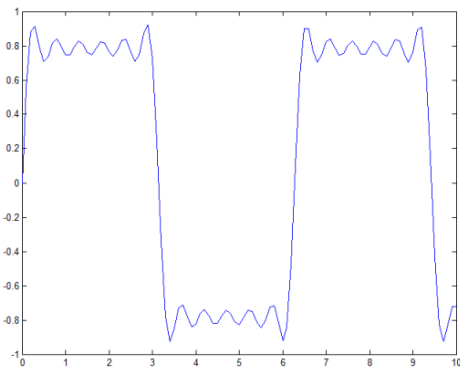


Figura 4. Aproximação para k=11.

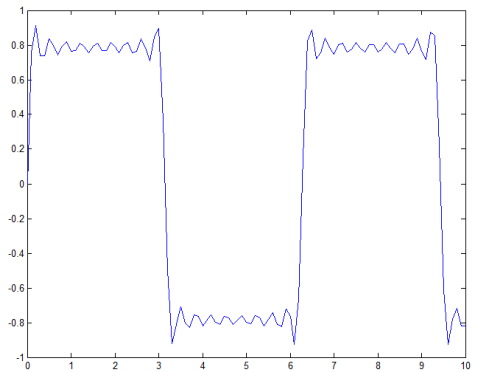


Figura 7. Aproximação para k=17.

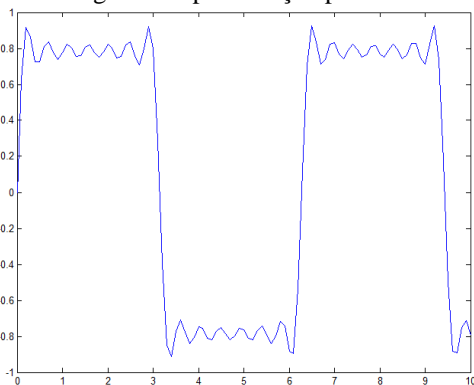


Figura 5. Aproximação para k=13.

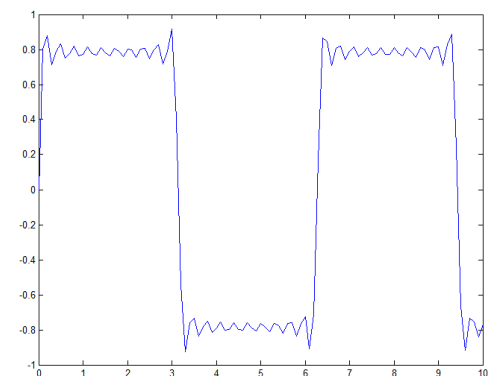


Figura 22. Aproximação para k=19.

Para a construção MATLAB[®] *Matworks* (2013), desta última Figura 22, seguindo o método apresentado para a obtenção da figura 13 em diante, o código a seguir foi aplicado:

```
t = 0:.1:10;
```

```
y = sin(t) + sin(3*t)/3 + sin(5*t)/5 + sin(7*t)/7 + sin(9*t)/9 + sin(11*t)/11 +  
sin(13*t)/13 + sin(15*t)/15 + sin(17*t)/17 + sin(19*t)/19;
```

```
plot(t,y);
```

Observa-se, no código acima, que a função y é composta pela soma do sinal puro mais as parcelas senoidais referentes às demais harmônicas ímpares. Pode-se observar também nas Figuras 15 a 22 que as aproximações acontecem, de forma que, aos poucos, com a soma de harmônicos, a tendência é que se desenhe uma onda quadrada, como indicado por Yaro e Lyra (2006) que dizem que ocorre a aproximação da função com o menor erro quadrático.

O mesmo diz Ourique, (2010), que uma função pode ser representada por uma série, em que cada parcela desta série é uma combinação linear das funções trigonométricas seno e cosseno, cujos coeficientes são chamados de coeficientes de *Fourier*.

Para melhorar a visualização, em detalhe expandido, iremos construir segundo recomendações de *Matworks* (2013), a partir da harmônica fundamental até a 19^a harmônica, criando vetores de sucessivamente mais harmônicos, e salvando todos os passos intermediários, como as linhas de uma matriz. Estes vetores são representados simultaneamente na mesma Figura 23 em um único quadrante para mostrar a evolução e convergência para a onda quadrada.

Note-se que segundo se destaca no fenômeno de *Gibbs*, o resultado final nunca vai realmente chegar à perfeição e, na Figura 23, isto se percebe visualmente.

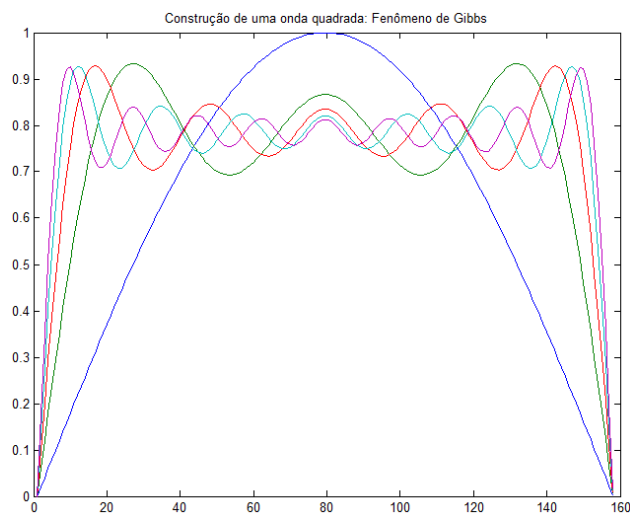


Figura 23. Construção de uma onda quadrada – Visualização das aproximações das somas das harmônicas parciais desde a fundamental (azul) até a 19^a (vinho) com destaque ao fenômeno de *Gibbs* (Destacam-se nesta figura a convergência e a oscilação nas bordas).

Para a construção MATLAB[®] *Matworks* (2013), desta Figura 23, o código a seguir foi aplicado:



```

t = 0:.02:3.14;
y = zeros(10,length(t));
x = zeros(size(t));
for k=1:2:19
    x = x + sin(k*t)/k;
    y((k+1)/2,:) = x;
end
plot(y(1:2:9,:))
title('Construção de uma onda quadrada: Fenômeno de Gibbs')

```

Neste código, as três primeiras linhas são responsáveis pela construção dos eixos do gráfico e sua graduação. As linhas 4 a 7 são correspondentes ao *loop* de repetição para a construção das harmônicas desde a fundamental até a 19ª harmônica e, as duas linhas finais correspondem à efetiva plotagem e a definição da linha de título do gráfico.

Observando-se os gráficos obtidos, verifica-se claramente que ao aumentarmos o número de harmônicas de ordem ímpar ao processamento na ferramenta de *software* de simulação, as curvas plotadas, que são as curvas compostas pela combinação linear das funções trigonométricas seno e cosseno (neste caso só senos), cada vez mais estas se aproximam de uma onda quadrada original adotada para o presente ensaio.

Observa-se também que, devido ao fenômeno de *Gibbs*, mesmo aumentando o número dos termos na soma, ainda existem oscilações nas bordas. Desta forma, a reconstrução não pode seguir exatamente o sinal original para as descontinuidades. Observa-se também que a amplitude do pico de oscilações (que representam o *ripple*), ao ampliarem-se os valores de *k*, reduz-se o *ripple*. Este efeito pode também, por exemplo, ser facilmente identificado de maneira prática, em laboratório de eletrônica, nos sistemas eletrônicos de retificação de corrente alternada para a obtenção de corrente contínua sem e com filtragem a capacitor.

CONCLUSÕES

Com base no levantamento bibliográfico, a exploração da bibliografia correspondente e com os experimentos realizados com simulação computacional, foi possível concluir que o ensino dos conteúdos das disciplinas de Cálculo, para os discentes do curso de Engenharia Eletrônica/Elétrica, demanda uma forte



Revista Engenharia, vol.8 – Setembro de 2013
contextualização para a confirmação da sua aplicação em situações práticas do dia a dia, motivando assim o aluno a se aprofundar nos estudos correspondentes.

Foi interessante o trabalho de prospecção e identificação das unidades curriculares do curso que apresentam pré-requisitos quanto ao conhecimento de séries de *Fourier*, o que alerta a coordenação pedagógica a buscar uma maior integração entre docentes dos ciclos básico, específico e profissionalizante, de forma a integrar e alinhar o discurso e a maneira de abordagem com o mesmo formalismo para a transmissão de conhecimentos aos discentes.

Os exemplos abordados na pesquisa são fundamentais para destacar, tanto para os docentes quanto para os discentes, a importância do conhecimento da correta aplicação do desenvolvimento das séries nesta área de conhecimento.

Observa-se que os resultados de simulações obtidos apontam para um menor erro de aproximação quando ao realizar a expansão dos termos da série de *Fourier* e permitem visualizar que a pesquisa, simulação e o cálculo com suporte computacional é uma importante ferramenta para promover a visualização da soma das parcelas senoidais para um suporte preditivo aos projetistas de sistemas eletrônicos digitais, pois, como destacado na revisão, dependendo da amplitude e da ordem dessas harmônicas, elas podem acabar por se sobrepor ao sinal fundamental, distorcendo sua forma de onda e interferindo no correto funcionamento dos dispositivos, principalmente quando se procura, nos projetos de filtros de alta qualidade e seletividade, um menor *roll-off*.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Centro Universitário Padre Anchieta de Jundiaí, pelo suporte da infraestrutura ao desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPELLI, A.; Analisadores De Espectro: Entenda A Importância Desse Instrumento Na Automação Industrial. Revista Mecatrônica Atual; Ano: 10; Nº 53; Set / Out – 2011. Disponível em: <<http://www.mecatronicaatual.com.br/artigos/1572-analisadores-de-espectro-entenda-a-importancia-desse-instrumento-na-automao-industrial>> Acesso em 28 de Julho de 2013.



GODOY, L. F. S.; FARIA, W.C.; O Cálculo Diferencial E Integral E Suas Aplicações No Ensino Da Engenharia: Uma Análise De Currículo; Anais do congresso de iniciação científica do INATEL – INCITEL; 2012.

GOMES, A.T.; Telecomunicações: Transmissão e Recepção AM-FM: Sistemas Pulsados; 2ª Ed; São Paulo; Editora Érica; 2007.

LOPES, J. H.; PRECIOSO, J. C.; The Gibbs Phenomenon and the Square Wave. (2009); Disponível em: < <http://www.impa.br/27coloquio/posters/75/abstract.pdf> > Acesso em 15 de Maio de 2013.

MATWORKS; The Language of Technical Computing; Disponível em: <<http://www.mathworks.com/products/matlab/>> Acesso em 10 de Maio de 2013.

MELLO, M. H. C. S.; VAZ, M. R.; MELLO, J. C.C.B. S.; Capacitação Do Professor De Engenharia: Uma Experiência E Um Projeto; Anais Eletrônicos do VI Encontro de Educação em Engenharia; Itaipava – Petrópolis; Rio de Janeiro; 2000.

OPPENHEIN, A. V.; WILLSKY, A.S.; Sinais e Sistemas; 2ed; São Paulo; Pearson Prentice Hall; 2010.

OURIQUE, L.E.; Cálculo Computacional Da Série De Fourier. (2010); Disponível em: <<http://www.pucrs.br/edipucrs/erematsul/minicursos/calculocomputacional.pdf> > Acesso em 15 de Maio de 2013.

REZENDE, W. M.; O Ensino De Cálculo: Dificuldades De Natureza Epistemológica. Disponível em: < <http://ciencialivre.pro.br/media/38feb1437d0d116efff8036fffd524.pdf> > Acesso em 30 de Julho de 2013.

SODRÉ, U.; Séries de Fourier: Notas de Aulas Compiladas - Computação, Engenharia Elétrica e Engenharia Civil. Disponível em: < <http://pessoal.sercomtel.com.br/matematica/superior/fourier/sfourier.pdf> > Acesso em: 16 de Maio de 2013.



Revista Engenharia, vol.8 – Setembro de 2013

TONIDANDEL, D.A.V.; ARAÚJO, A.E.A.; Conectando Transformadas: Fourier E Laplace; Anais do XIX Congresso Brasileiro de Automática, CBA; 2012; Disponível em:

<http://www.cpdee.ufmg.br/~petee/download/Arquivos_download/Historia%20da%20Engenharia%20Eletrica/transformadas_de_fourier_Laplace.pdf > Acesso em 28 de Julho de 2013.

YARO, B.J.; LYRA, A.C.C.; Circuitos Elétricos; São Paulo; Pearson Prentice Hall; 2006.



ESTUDO DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS DE CONTROLE E A AÇÃO DA TREALOSE NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE LEVEDURA DE PANIFICAÇÃO

Claudemar José Trevizam

Claudemar.trevi@ig.com.br

Centro Universitário Padre Anchieta

Camila Molena

Camila.molena@yahoo.com

Centro Universitário Padre Anchieta

Dicesar Correia

dicesar@terra.com.br

Centro Universitário Padre Anchieta

RESUMO

O artigo tem por objetivo apresentar os principais parâmetros de controle no processo de produção de levedura de panificação com uma visão técnica, além da associação acadêmica que o tema possui. O artigo abordou a necessidade de conhecer a principal matéria-prima, o melaço de cana-de-açúcar, bem como o seu preparo para ser utilizado no mosto de fermentação e o custo benefício que o melaço tem em termos de rendimento do processo versus preço da matéria-prima. Concomitantemente estabeleceu-se o papel fundamental da adição de outros nutrientes, tais como vitaminas, elementos traços, nitrogênio, fósforo e oxigênio como ingredientes necessários para o bom andamento do processo de fermentação. Como estudo adicional estudou-se a trealose endógena como principal polissacarídeo de reserva, atuando diretamente no processo de manutenção e conservação e da viabilidade celular. Devido à importância do nível de trealose no ciclo de estocagem da levedura de panificação, estudou-se o método usado na sua determinação e a definição de um método físico-químico aplicável em aulas práticas nas disciplinas ligadas a biotecnologia.

Palavras-chaves: Fermentação, levedura de panificação, trealose, melaço de cana.

ABSTRACT

The aim of this paper is to present the main control parameters in the process of production of bakers' yeast with a technical vision, in addition to the academic association that the theme has. The paper discusses the need to know the major raw material, the sugar cane molasses, as well as your preparation to be used in the wort of fermentation and the cost benefit that the molasses has in terms of process yield versus price of raw material. Concomitantly was established the fundamental role of adding other nutrients, such as, vitamins, trace elements, nitrogen, phosphorus and oxygen as ingredients required for an excellent performance of the fermentation process. As additional study was discussed the endogenous trehalose, as main storage polysaccharide, acting directly in the process of maintenance and conservation of cell viability. Due to the importance of trehalose effect in cycle storage of bakers' yeast, it was studied the method used in its determination and definition of a physico-chemical method applicable and be incorporated in practical classes related to biotechnology.

Keywords: Fermentation, bakers' yeast, trehalose, sugar cane molasses.

INTRODUÇÃO



A tecnologia de produção de levedura para panificação vem de longo tempo evoluindo e as novas técnicas de manipulação genética confirmam esse processo, principalmente pela produtividade apresentada na utilização em massas frescas. Inicialmente o fermento, provenientes de cepas selvagens, era mantido na própria massa do pão. Esta técnica utiliza como inóculo um pedaço de pão já fermentado em uma nova massa para favorecer a propagação da levedura e conseqüentemente crescimento da massa, entretanto é de se esperar que apesar da funcionalidade da técnica, não há garantia da integridade microbiológica da massa, ou seja, não se pode garantir que a massa não se contamine por outras leveduras, bactérias ou bolores presentes no ar. Este método de propagação foi amplamente utilizado até o início do século XIX, sendo substituído pelo uso de cereais, o qual constituiu o ponto inicial para a produção de leveduras em escala industrial.

Os grãos de cereais maltados e não maltados utilizados como fontes de nutrientes não promoveram rendimentos satisfatórios nas fermentações devido a grande produção de etanol em detrimento ao consumo do amido hidrolisado. Alternativas foram investigadas para a produção de leveduras de panificação, como exemplo a utilização de leveduras (pé de cuba) da indústria cervejeira, entretanto não se obtiveram bons resultados nos tempos de crescimento da massa dos pães, já que as características destas leveduras não estavam de acordo com a necessidade dos fabricantes de pães. Nos últimos cem anos houve um aumento da demanda da produção de leveduras, principalmente devido à aceleração do crescimento mundial que desencadeou a busca de novas mudanças nos processos de produção de levedura de panificação.

Entre as alterações estão o uso de melaço de cana-de-açúcar ou de beterraba, uso de ar nas fermentações e a utilização de lotes alimentados. Estas modificações possibilitaram o alcance de altos valores de rendimento nas fermentações e um maior controle de qualidade e estabilidade do produto final. Adicionalmente as novas tecnologias empregadas nos processos de produção de leveduras de panificação possibilitaram um significativo aumento do “shelf-life” (vida útil) do produto, que juntamente com a produção de bebidas fermentadas detém uma importante característica de vanguarda da indústria de biotecnologia, principalmente pelo fato de usar fontes de matérias-primas renováveis e produtos de fácil biodegradação.

O microrganismo utilizado no processo de produção de levedura de panificação é do gênero *Saccharomyces*, caracterizado por ser um fungo unicelular e se diferencia



Revista Engenho, vol.8 – Setembro de 2013

das bactérias por possuir maior dimensão, na faixa de 5 a 8 μm de diâmetro e a maioria se reproduz por fissão ou brotamento (JAY, 2005), também é possível que em condições desfavoráveis a reprodução seja sexuada por esporulação ou por fissão (POSTEN e COONEY, 1991). Essencialmente a levedura *Saccharomyces cerevisiae* é o microrganismo mais indicado no processo de produção de fermento de panificação, principalmente por associar vários atributos intrínsecos à condução da multiplicação celular e geração de biomassa. Entre os requisitos essenciais para o uso industrial estão a capacidade de multiplicação celular na presença de oxigênio, tolerância às grandes variações de temperatura, pH ácido e osmotolerância.

MATÉRIAS-PRIMAS E OS PARÂMETROS DE PROCESSO

A principal matéria-prima utilizada na produção de leveduras é o melão proveniente da cana-de-açúcar ou de beterraba que contempla todas as necessidades como fonte de carbono em mostos de fermentação, além de colaborar com alguns outros nutrientes como minerais, vitaminas, elementos essenciais e nitrogênio orgânico. Apesar de o melão participar com praticamente noventa por cento do meio de fermentação (sem contar com a água) são necessárias outras fontes de nutrientes como o nitrogênio (ureia, amônia ou sais de amônia) e de fósforo (fosfatos ou ácido fosfórico). Adicionalmente para obter altos rendimentos nas fermentações são também necessários meios de incorporação de oxigênio, favorecendo um metabolismo aeróbio em desvantagem do anaeróbio que maximiza a produção de etanol. Normalmente se observa relações de 0,5 a 2,5 volumes de ar por volume de mosto por minuto e alimentação em lotes alimentados com a finalidade de solucionar problemas de repressão catabólica (LIDÉN, 1993).

Após o término do processo de preparação do mosto fermentado, este deve ser separado, lavado, filtrado e então preparado para ser enviado para a etapa da secagem (fermento seco) ou diretamente para o empacotamento do fermento fresco.

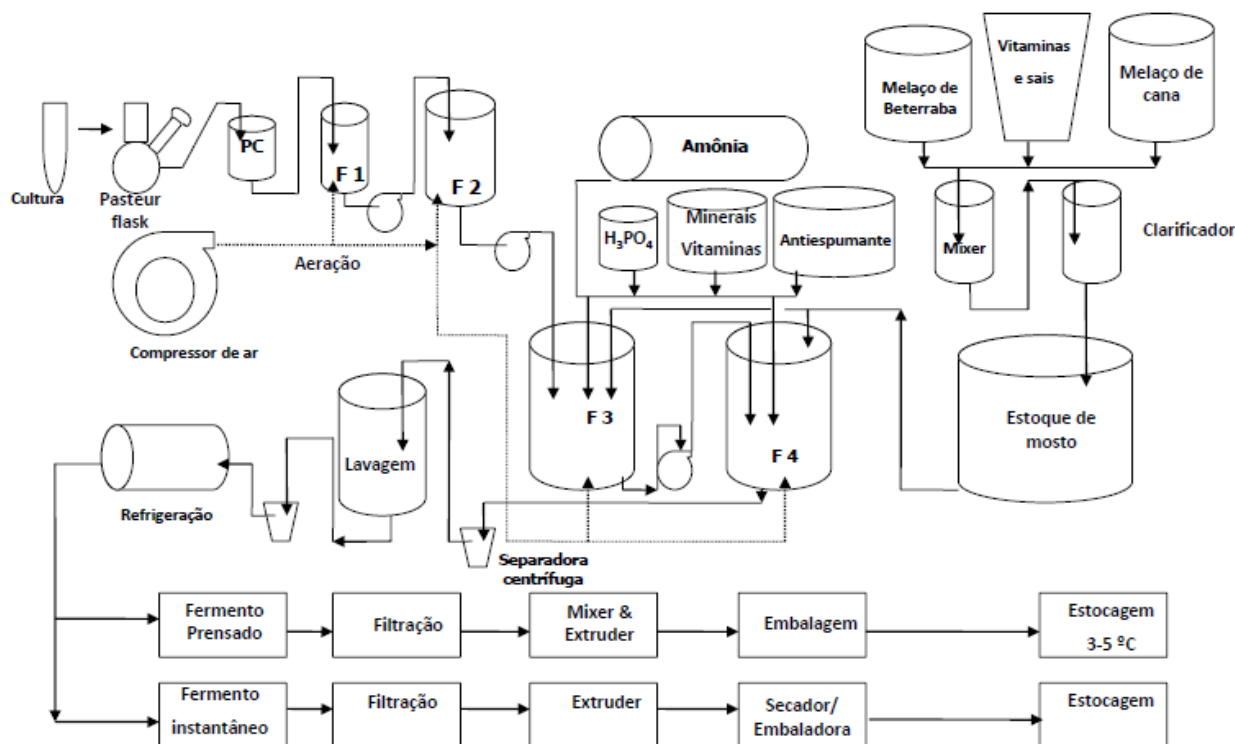


Figura 1: Esquema simplificado das etapas de produção de fermento biológico.

Melaço de cana-de-açúcar e o efeito da aeração

O melaço de cana-de-açúcar possui diversos nutrientes essenciais necessários para o crescimento de leveduras tais como sais minerais, vitaminas e principalmente a sacarose (glicose e frutose) como fonte de carbono. É possível utilizar outras fontes de carbono como o xarope de glicose ou amido, porém é necessária a complementação de outros nutrientes que comparados com o uso do melaço, detentor dos nutrientes essenciais viabiliza o seu uso em termos de substrato completo bem como pelo fator econômico. Se a opção for da utilização de fontes de carbono de amidos, que também é de fácil acessibilidade no mercado é necessário uma etapa de hidrólise antes do preparo da fermentação, já que a levedura utilizada não tem a capacidade de consumir diretamente grandes cadeias carbônicas como a do amido. Adicionalmente as fontes de amido acarretam problemas no processo de diluição ocasionando sérios inconvenientes no preparo do mosto de fermentação.

Quando comparamos o melaço proveniente de cana-de-açúcar e de beterraba, não há grandes diferenças analíticas entres ambos, mas diferenças na utilização no processo existem e estão centradas na diluição e no uso da produção da levedura



instantânea. Existe uma corrente partidária de que o melaço de beterraba é melhor no processo de fabricação de levedura seca instantânea devido à concentração de vitaminas como o pantotenato de cálcio e tiamina, entretanto o melaço de cana de açúcar possui uma maior disponibilidade de biotina que é outra vitamina essencial na propagação de leveduras (Reed, 1973). É condicionado que as vitaminas do complexo B são essenciais para a produção de leveduras de panificação e estão ligadas aos sistemas regulatórios do crescimento celular e sua insuficiência pode causar graves problemas no decorrer da fermentação. Segundo White (1954), melaços com baixo índice de biotina geram baixos rendimentos de processo, alta concentração de etanol ao longo da fermentação e conseqüentemente diminuição do poder fermentativo da levedura. A tabela I abaixo apresenta as principais vitaminas presentes no melaço e a faixa ideal para ser utilizada nas fermentações. Valores abaixo do citado indicam problemas na sua utilização no processo de produção.

Tabela I - Principais vitaminas encontradas no melaço de cana
Vitaminas para 100 gramas de melaço de cana-de-açúcar

Tiamina (B1)	0,04 – 0,08 mg
Riblofavina (B2)	0,10 – 0,20 mg
Niacina (B3)	1,50 – 2,50 mg
Piridoxina (B6)	0,50 – 1,0 mg
Ácido Pantotênico	2,0 – 3,0 mg
Ácido Fólico	20,0 – 50,0 µg
Biotina	40,0 – 55,0 µg

Fonte: Adaptado de Reed (1991)

Normalmente as vitaminas adicionadas no mosto de fermentação são o pantotenato de cálcio e a tiamina e os valores variam respectivamente de 1,5 a 2,5 e 0,5 a 1 kg de vitamina por vinte e cinco toneladas de melaço bruto (White, 1954). Estas vitaminas desempenham um papel fundamental na qualidade final e no poder fermentativo do produto. Na realidade a utilização de cada melaço está mais relacionada com a disponibilidade de matéria-prima do que o seu melhor aproveitamento, já que a indústria de levedura depende da compra do melaço proveniente das usinas de cana-



açúcar. Não são todas as regiões do mundo que possuem fontes de produção de melão de cana e de beterraba, por isso está clara a necessidade de conhecer a fundo cada uma das características físico-químicas com a finalidade de adequar a matéria-prima ao processo de fermentação.

As características dos melões de cana produzidos no Brasil dependem muito da região e do processo de extração nas usinas de açúcar. Normalmente o melão possui uma faixa de 80 a 90 graus Brix (sólidos solúveis) e estas variações são imprescindíveis para a garantia do tempo de armazenamento da matéria-prima. Melões com valores de Brix abaixo de setenta e nove estão mais susceptíveis à contaminação microbiológica e consequente perdas das características necessárias para o uso nas fermentações.

O valor de Brix também está diretamente relacionado com o valor de ART (Açúcares Redutores Totais) presentes no melão. A faixa de ART que normalmente é encontrada nos melões do Brasil é de cinquenta e cinco a sessenta e cinco por cento o que impacta diretamente no rendimento das fermentações. Os principais açúcares redutores presentes no melão de cana são setenta por cento peso/peso e produtos de sua hidrólise, glicose (15 %) e frutose (15%) (REED, 1973). Todos estes açúcares são utilizados pela levedura como fonte de carbono, preferencialmente na ordem glicose, frutose e sacarose e sem dúvida com a atividade da invertase pela levedura é relativamente alta fica fácil entender que em um meio fermentativo encontramos glicose e frutose em baixa concentração de sacarose.

Essas diferenças certificam a necessidade dos fabricantes de leveduras de panificação a gerenciar um mix de estoque e padronizar o uso no processo com o objetivo de padronização do uso de açúcares no processo. Teoricamente quanto maior é o valor de ART no melão menor é a quantidade de melão que se utilizará em uma fermentação e consequentemente se tem uma diminuição do fator de uso de melão por tonelada de levedura produzida, porém segundo White (1954) a principal característica observada em um melão adequado para a produção de leveduras de panificação está na relação da variação os açúcares redutores totais com a concentração das demais substâncias presentes no melão. Esta relação se dá o nome de balanço de melão o qual pode ser corrigido através da adição de quaisquer outras substâncias (vitaminas, sais minerais, nitrogênio e fósforo).

A proporção de cinzas no melão constitui um ponto importante a se considerar, pois este valor indica a concentração de sólidos, de maneira geral pode estar relacionada



Revista Engenho, vol.8 – Setembro de 2013
 com a quantidade de sais presentes no melaço e este conhecimento é de extrema importância para compor o mix de sais a serem adicionados ao mosto de fermentação. São recomendados melaços balanceados com relação de ART/Cinzas entre 6-9 e que isto ainda não garante bom desempenho no processo e outras relações, ART, cinzas, vitaminas e micro nutrientes devem privilegiar o blend (mistura) de melaço a serem usados na alimentação do processo (White, 1954).

De modo similar às vitaminas, a presença de metais (elementos traços) é fundamental para o crescimento das leveduras. Normalmente as concentrações típicas encontradas nos melaços de cana são suficientes para a propagação das leveduras, entretanto quando os valores ultrapassam as concentrações ideais podem ser prejudiciais no desenvolvimento da cepa no meio de cultura. Alguns metais como o cádmio, cobre prata, mercúrio e paládio são elementos altamente tóxicos e prejudiciais ao crescimento da levedura. Segundo Reed (1973) é curioso destacar que com a presença de cobre em baixa concentração (10-15 ppm) se observa uma melhora na manutenção da produção de etanol durante as primeiras horas da etapa aerada da fermentação. Já o cobalto, lítio, níquel, cromo, arsênio e estanho são moderadamente tóxicos e são encontrados não somente no melaço, mas no caso do níquel, cromo, e estanho são encontrados nos equipamentos utilizados nos processos de produção de leveduras. Apesar de o selênio apresentar certa toxicidade para o crescimento da levedura as matérias-primas utilizadas no processo não são fontes comuns do metal e, portanto não comprometem a fermentação. Entre os elementos pouco tóxicos estão o chumbo, zinco, ferro, alumínio, tungstênio, molibdênio, manganês, cloro, bromo e o bário que em concentrações abaixo de 500 ppm não prejudicam o processo fermentativo.

Os elementos essenciais que desempenham papel fundamental na obtenção de leveduras com boa performance no uso em panificação, estão o cálcio, magnésio, potássio, sódio, enxofre e fósforo e devem ser usados na concentração de 30 ppm (Reed,1973).

Tabela II - Principais metais encontrados no melaço de cana

Metais em 1 kg de melaço	
Ferro	0,3 - 0,5 g
Cobre	3,0 - 7,0 mg
Cálcio	0,3 - 0,7 g



Potássio	1,2 - 2,7	g
Magnésio	0,2 - 0,4	g
Sódio	0,1 - 0,8	g
Zinco	2,5 - 6,0	mg
Magnésio	20 - 48	mg
Cobalto	0,1 - 0,2	mg

Fonte: Adaptado de Reed (1991)

Com relação aos resíduos de pesticidas (normalmente organoclorados) utilizados na plantação da cana, mesmo em concentrações inferiores a um ppm, são extremamente prejudiciais ao processo de fermentação (Reed, 1973).

Os parâmetros físico-químicos do melaço de cana devem ser considerados, pois constituem a principal matéria-prima do processo fermentativo. Alguns autores (White, 1954 e Reed, 1973) ressaltam que a etapa de clarificação do melaço é imprescindível para a produção de fermento, indicando que as contaminações do fermento com lama proveniente do melaço são prejudiciais para o poder fermentativo, coloração e keeping test (durabilidade em condições adversas) do produto final. Alguns métodos podem ser utilizados para a clarificação de melaço, desde a precipitação de fosfato de cálcio através da adição de ácido fosfórico e consequente utilização de método físico de separação como o uso de centrífugas e filtros.

Apesar da alta eficiência na retirada de lama os métodos químicos de precipitação para a clarificação de melaço tendem a não serem escolhidos pelo fato da alteração de pH do melaço diluído, necessitando de correção posterior. Em um melaço de cana diluído na faixa de 45 – 55 graus Brix possui pH entre 5,5 a 6,5 e tem um papel essencial na manutenção do perfil de pH a ser desenvolvido durante o processo fermentativo, principalmente quando avaliamos em conjunto com a acidez do melaço que determina o poder tamponante do melaço alimentado no processo. Valores baixos de até 3 mL NaOH por 100 gramas de melaço indicam que pequenas variações são facilmente detectadas mediante à análise do perfil de pH da fermentação e em contrapartida níveis entre 3 a 7 mL NaOH por 100 gramas de melaço tendem a resultar em perfil de pH próximo ao valor tamponante do melaço (4 – 4,5 pH), que sem dúvida causa problemas de queda do pH no meio fermentativo, necessitando de correções (REDD, 1973). Outro parâmetro importante a controlar é o anidrido sulfúrico (presentes no melaço pela adição de enxofre no processo de fabricação de açúcar), pois em



concentrações acima de 5 ppm é razoavelmente tóxico para as leveduras (WHITE, 1954).

O suplemento de ar desempenha papel fundamental no processo de propagação de leveduras de panificação, principalmente quando se busca alto rendimento. O metabolismo da levedura, nas etapas crescimento e fermentação podem ser explicados pelo Efeito Pasteur, metabolismo fermentativo, onde a geração de etanol é inibida pela presença de oxigênio e assim as células utilizam as vias metabólicas oxidativas, racionalizando o consumo de glicose e como consequência ocorre um maior crescimento celular (LIDÉN, 1993). Do outro lado tem-se o Efeito de Crabtree, que mesmo em condições de intensa aeração a levedura segue o metabolismo fermentativo de geração de etanol em presença excessiva de glicose (CROCOMO e GUITIERREZ, 1975; LIDÉN, 1993).

Trealose

Quanto à estrutura, a trealose é um dissacarídeo não redutor formado por duas unidades de glicose. Na síntese da trealose ocorre primeiro a formação da trealose-6-fosfato, proveniente da UDP-glicose e glicose-6-fosfato, mediante a ação da enzima trealose-6-fosfato sintetase. Em uma segunda etapa ocorre a remoção do grupo fosfato pela enzima trealose-6-P-fosfatase e consequente formação da trealose (LELOIR; CABIB, 1953). De acordo com (PANEK, 1990) a levedura de panificação, *Saccharomyces cerevisiae*, possui a habilidade de acumular polissacarídeos tais como o glicogênio e a trealose, os quais exercem papel fundamental no processo de manutenção da célula, principalmente quanto à viabilidade celular e a utilização como carboidrato de reserva. Isto é evidenciado por (THEVELEIN, 1984) quando afirma que durante a fase de não multiplicação, a sobrevivência da célula está diretamente relacionada ao nível de trealose e de glicogênio. Portanto a principal função da trealose é a proteção das células durante as etapas de estresse, reiterada por (WIENKEN, 1990) quando menciona que a proteção é estabelecida sobre os componentes do citossol no momento em que a levedura é submetida às condições adversas, tais como aumento de temperatura, secagem e mudança na concentração de etanol do meio de fermentação.

O binômio índice de trealose endógena e a viabilidade celular são verificados em cepas de leveduras osmotolerantes quando submetidas às condições de estresse intenso (AMORIM et al, 1989), justificando o aumento forçado de temperatura no final das



fermentações de produção de levedura de panificação com o objetivo de aumentar a reserva de trealose no interior das células e consequente aumento da estabilidade do fermento armazenado a temperaturas de 4 a 15 °C (SUOMALAINEN e PFAFFLI, 1961). Segundo Lillie e Pringle (1980), o aumento da disponibilidade de nitrogênio assimilável no mosto de fermentação fornece menor acúmulo de trealose, fazendo com que as leveduras direcionem glicose para a síntese de aminoácidos e proteínas reduzindo o acúmulo de trealose e assim, não é interessante no processo de produção de fermento, já que um maior teor de trealose é interessante em termos comerciais na cadeia de conservação de levedura fresca ou no processo de secagem para a levedura instantânea. Para o processo de produção de levedura de fermentação é importante o entendimento do mecanismo de biossíntese da trealose já que funciona como estrutura fundamental na proteção da célula de levedura quando submetida às condições de congelamento e descongelamento e de hidratação e desidratação. Um mecanismo aceito é que a trealose interage com estruturas polares das cadeias fosfolipídicas da membrana da célula da levedura e assim ocuparia a molécula da água que está ligada a parte polar dos fosfolipídios quando em condições estáveis de processo e seria perdida em condições desfavoráveis. O espaço entre as estruturas dos fosfolipídios é preenchido pela trealose, impossibilitando a separação lateral dos componentes da membrana.

Este modelo explica o fato de não ocorrer passagem da fase fluida para a fase gel da membrana com consequente manutenção da integridade e a viabilidade celular. Adicionalmente (Crowe *et al.* 1991) menciona o fato de que a formação de trealose nas leveduras de panificação é favorecida nos processos aeróbios em relação aos anaeróbios e assim confirmam os estudos realizados por Hottinger *et al.* (1992), onde as células de *Saccharomyces cerevisiae* acumulam trealose quando são submetidas a uma variação de temperatura na faixa de 30 para 38°C.

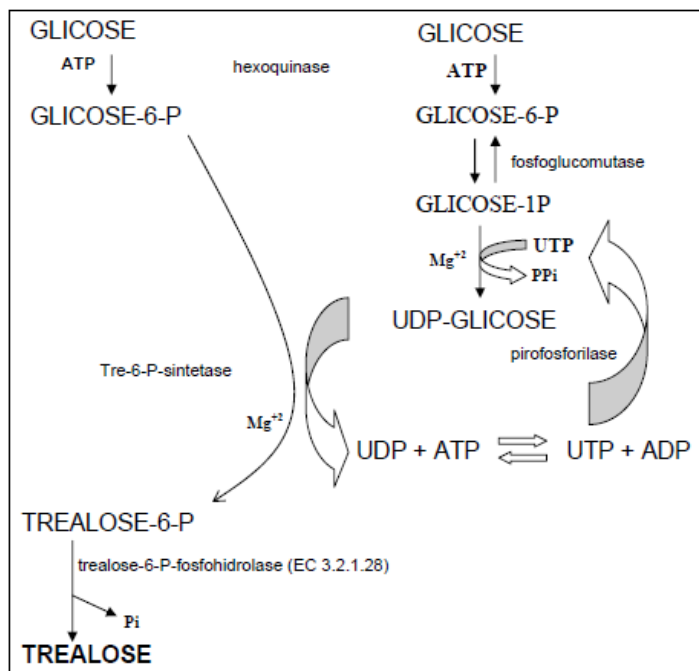


Figura 2-Esquema da biossíntese da trealose.

Fonte: Rose & Harrison,1971,pag. 422

Abaixo segue a figura 3 mostrando a ação de proteção da trealose no processo de secagem da levedura de panificação.

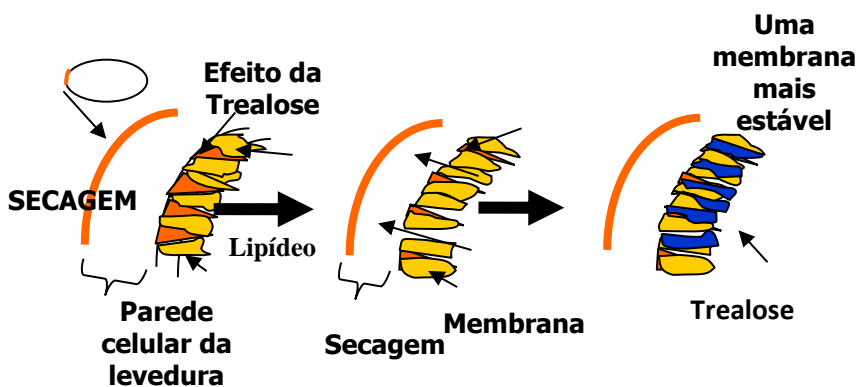


Figura: Efeito da trealose no processo de secagem da levedura.

MATERIAIS E MÉTODOS

Método I de determinação de trealose em leveduras

Preparo da amostra e determinação da trealose por reação colorimétrica

- Pesar 15 mg de massa seca de levedura (fermento biológico ou creme de levedura);
- Adicionar à massa seca 2 mL de solução de ácido tricloroacético 0,5 mol/L;

- Manter em banho de gelo por 20 minutos;
- Em seguida centrifugar a 700g, durante 5 minutos (em centrífuga Excelsa Baby da Fanem);
- Adicionar aos tubos de ensaio contendo os extratos centrifugados os reagentes antrona (500mg/L) e tiuréia (10g/L) em meio sulfúrico (75% ácido sulfúrico P.A. e 25% de água destilada);
- Sem seguida realizar a leitura a 600 nm em espectrofotômetro;
- Comparar com uma solução padrão de glicose dissolvida em água destilada; (200µg/mL) e os resultados são expressos em gramas de trealose contidas em 100g de massa seca de levedura.

Método II para quantificação enzimática de trealose em levedura

Preparo de Soluções e o Padrão de Trealose(estérel)

- Preparar uma solução tampão de Maleato 0,05 M pH 6,0
- Preparar uma solução salina estérel (8,5 g de NaCl para 1000 mL com água destilada);
- Pesar 50 mg de trealose e avolumar para 50 mL.

Primeira etapa - Curva padrão

- Usar a solução padrão de trealose e transferir para seis tubos de ensaio, numerando-os da seguinte maneira: Branco 1, 10, 20, 30, e 40 em µl.
- Acrescentar a cada tubo 35 µl de enzima trealase e completar o volume até 500 µl com tampão maleato.
- Incubar a 37° C por 40 minutos e adicionar a cada tubo um ml de solução de glicose GO/P.
- Incubar novamente a 37° C por 30 minutos.
- Fazer leitura da absorbância em espectrofotômetro em comprimento de onda de 470 nm,

Tabela III: Valores de concentração de trealose



Volume de trealose padrão (μl)	Concentração de trealose (mg/ml)
0	0
10	6,7
20	13,3
30	20
40	26,7

Fonte: Adaptado de Parrou (1997)

Extrato celular a partir de levedura fresca

- Pesar em tubo de vidro de fundo chato 1,5 g de pérolas de vidro e 400 mg de levedura, ressuspender em 700 μl de tampão maleato.
- Romper as células usando vortex e manter a incubação em gelo.
- Transferir para tubo Eppendorf e incubar aproximadamente a 70° C por 5 minutos e resfriar a amostra em banho de gelo.
- Centrifugar a 13500 g por 5 minutos; coletando o sobrenadante.
- Diluir 10 vezes em tampão maleato (10 μl de amostra em 90 μl de tampão).
- Utilizar 15 μl para análise de trealose.

Análise de Trealose

- O procedimento tem duas etapas, a transformação de trealose em glicose e uma segunda na quantificação da glicose formada.
- Separar dois tubos de ensaio da seguinte forma: A (amostra), Branco (B).
- Adicionar no tubo A 15 μl da amostra, 450 μl de tampão Maleato e 35 μl da enzima trealase;
- Adicionar no tubo B 465 μl de tampão Maleato e 35 μl da enzima trealase;
- Incubar a 36° C por 45 minutos e adicionar um ml de solução de glicose oxidase/peroxidase a cada um dos tubos;
- Incubar novamente os tubos a 36° C por 35 minutos e fazer a leitura em espectrofotômetro à absorvância de 470 nm utilizando o branco como referência.

Resultado

Cálculo da concentração % p/p de trealose em base seca:

$$\%p/p = \{(1,5 \times fd \times Abs)/(1000 \times M \times I)\}/(1-umidade) \quad (1)$$

Onde:

I = coeficiente de inclinação da curva padrão

M = massa de células utilizadas na análise expressa em mg

Umidade = fração de 1 (obtida pelo método de Karl Fischer)

fd = fator de diluição: 70.000 para levedura fresca

1,5 = correção para o volume total de reação

CONCLUSÃO

A ideia principal do artigo foi apresentar os principais parâmetros de controle no processo de produção de levedura de panificação de forma sucinta, explorando a vivência profissional na área aliada à visão acadêmica. Paralelamente procurou-se associar ao estudo, a formação e a importância da trealose como parâmetro essencial de controle nos processos fermentativos para a produção de fermento de panificação via *Saccharomyces cerevisiae*, já que o acúmulo da trealose pela levedura proporciona uma maior viabilidade celular, principalmente quando o microrganismo passa por estresse devido à diferença de temperatura de estocagem ou por processos alternativos, tais como secagem e a liofilização.

Nos processos fermentativos citados é necessária a determinação da taxa de trealose e, portanto dois métodos analíticos foram estudados para dosar a quantidade presente em qualquer amostra, seja durante o processo ou no produto acabado. Concomitantemente o estudo dos métodos de determinação de trealose por espectrofotometria foi focado na viabilidade do seu uso em aulas práticas em disciplinas ligadas à Biotecnologia. Entre os dois métodos estudados o mais prático é o de extração do material intracelular com solução de ácido tricloroacético com posterior reação colorimétrica com antrona e tiuréia em meio de ácido sulfúrico. O próximo passo sugere então, a aplicação do método selecionado para ser desenvolvido em aulas práticas pelos alunos e, assim criar um banco de dados referentes à análise de trealose nos processos e produtos derivados de levedura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, H.V.; OLIVEIRA, A.J.; BASSO, L.C.; GALLO, C.R. Processos de fermentação alcoólica, seu controle e monitoramento. Piracicaba: Centro de Biotecnologia Agrícola, 1989.



ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official Methods of Analysis, 15. ed. AOAC, Arlington, Va, 1990.

CROWE, J.H.; PANEK, A.D.; CROWE, L.M.; PANEK, A.C.; ARAÚJO, P.S. Trehalose transport in yeast cell. *Biochemistry International*, v.24, n.4, p.721-730, 1991.

CROCOMO, O.J. e GUTIERREZ, L.E. Caminhos metabólicos. In: **BORZANI, W., SCHMIDELL, W.; LIMA, U.A., AQUARONE, E.** *Biotecnologia Industrial*, vol. 1: Fundamentos, Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 2001.

GRBA, S.; OURA, E.; SUOMALAINEN, H. On the formation of glycogen and trehalose in baker's yeast. *European Journal of Applied Microbiology*, v.2, 1975.

GUTIERREZ, L.E. Acúmulo de trealose em linhagens de *Saccharomyces* durante fermentação alcoólica. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, v.47, n.2, p.597-608, 1990.

HOTTINGER, T.; DE VIRGILIO, C.; BELL, W.; BOLLER, T.; WIEMKEN, A. The 70-Kilodalton heat-shock proteins of the SSA subfamily negatively modulate heat-shock-induced accumulation of trehalose and promote recovery from heat stress in the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *European Journal of Biochemistry*, v.210, n.1, p.125-132, 1992.

JAY, J.M. *Microbiologia de Alimentos*. 6ª ed. Editora Artmed, 2005.

LEILOIR, LF ; CABIB, E. The enzymic synthesis of trehalose phosphate. *Journal of the American Chemical Society*, Easton, v.75, p.5445-5446, 1953.

LIDÉN, G. On-Line Monitoring Techniques for the Study of Yeast Physiology. Some Studies on the Yeasts *Pichia stipitis* and *Saccharomyces cerevisiae*. Department of Chemical Reaction Engineering, Chalmers University of Technology, Göteborg, Dinamarca, 1993. (Tese de Doutorado).

LILLIE, S. H. e PRINGLE, J. R. Reserve carbohydrate metabolism in *Saccharomyces cerevisiae*: responses to nutrient limitation. *Journal of Bacteriology*, v. 143, 1980.

PANEK, A. D. e PANEK, A. C. Metabolism and thermo-tolerance function of trehalose in *Saccharomyces cerevisiae*: a current perspective. *Journal of Biotechnology*, v. 14, p. 229-238, 1990.

PARAZZI, J.O. Metabolização de açúcares em linhagens de *Saccharomyces cerevisiae* com e sem transportador de sacarose e diferentes atividades de invertase, 41p, 2006. Tese (mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz; Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

PARROU, J.L.; FRANÇOIS, J. *Anal. Bioquímica*. 248, 186, 188. 1997.



POSTEN,C.H.; COONEY,C.L. Growth of microorganisms. In: **REHNM,H.J.** et al. 2.ed. Weinheim: VCH Verlag (Biotechnology-A Multi-Volume Comprehensive Treatise, v.1), 1991.

REED,G.;PEPPLER,H.J. Yeast Technology, The Avi Publishing Company, 1.ed, WestPort, Connecticut, 1973.

REED,G.;NAGODAWITHANA,W.T. Yeast Technology, Van Nostrand Reinhold, 2.ed. 1991.

ROSE, A. H.; HARRISON, J. S. The Yeasts: physiology and biochemistry of yeast, London: Academic Press, v.2, 475p., 1971.

SUOMALAINEN, H.; PFAFFLI, S. Changes in the carbohydrate reserves of baker's yeast during growth and on standing. Journal of the Institute of Brewing, v.67, p.249-254, 1961.

THEVELEIN, Regulamento JM de metabolização da energia em fungos. Microbiol.Rev., 48: 42-59, 1984.

WIEMKEN, A. Trehalose in yeast: stress protectant rather than reserve carbohydrate. *Antonie van Leeuwenhoek*, v. 58, p. 209-217, 1990.

WHITE,J. Yeast Technology, John Wiley and Sons Inc., 1.ed., New York, 1954.



DIFICULDADES PARA IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS DE GESTÃO AMBIENTAL (SGA) NO BRASIL

Erivelto Heliton Bolonhese

Centro Universitário Padre Anchieta, Jundiaí, SP, Brasil

Jonh Dalton de Castro Martins

Centro Universitário Padre Anchieta, Jundiaí, SP, Brasil

RESUMO

A pesquisa busca apresentar um breve panorama sobre o processo de implementação do Sistema de Gestão Ambiental (SGA) em acordo com a norma ISO 14001 de algumas empresas do Brasil, de forma a apresentar informações pertinentes sobre o processo de implementação do SGA. Este trabalho não é delimitado por região, nem por setor empresarial, mas por empresas certificadas. Através de um questionário buscou conhecer o grau das principais dificuldades na adesão do SGA. As dificuldades que obtiveram os maiores percentuais foram: os investimentos financeiros e providenciar as documentações necessárias para a implementação do SGA. Na pesquisa as Pequenas e Médias empresas (PME) encontraram mais dificuldades em implementar o SGA.

Palavras-Chave: Sistema de Gestão Ambiental. ISO 14001. Certificação Ambiental.

ABSTRACT

The research aims to present a brief overview of the process of implementation of the Environmental Management System (EMS) in accordance with ISO 14001 some companies in Brazil, in order to provide relevant information on the implementation process of the EMS. This work is not restricted by region or by business sector, but by certified companies. Through a questionnaire sought to ascertain the degree of the main difficulties in joining the EMS. The difficulties that had the highest percentages were: financial investments and provide the documentation necessary for the implementation of the Small and Medium Enterprises (SME). EMS in the survey found more difficulties in implementing the EMS.

Keywords: Environmental Management System. ISO 14001. Environmental Certification.

INTRODUÇÃO

Diante do crescimento desenfreado da sociedade e de sua relação predatória com natureza, tem gerado grandes problemas ambientais, onde em sua maior parte causado pelas indústrias, isso vem fazendo com que os cidadãos se tornem cada vez mais exigentes, não só em relação à qualidade dos produtos e serviços que adquirem e lhe são prestados, mas também estão interessados nos problemas ambientais.

A implementação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) pode ser uma maneira de adequação ao desenvolvimento sustentável, esse sistema identifica e planeja ações para reduzir os impactos sobre o meio ambiente causados por suas atividades.

Devido à importância do Sistema de Gestão Ambiental para as empresas e para o meio ambiente, a Norma ISO 14001 está ganhando força, mesmo sendo uma das normas internacionais de caráter voluntário foi desenvolvida para auxiliar a gestão das organizações e equilibrar seus interesses econômico-financeiros com os impactos gerados por suas atividades (Seiffert, 2007).

A implementação do Sistema de Gestão Ambiental com base na Norma ISO 14001 é de fundamental importância devido ao constante aumento do interesse populacional em comprar produtos com menor impacto ao meio ambiente, optando por adquirir de empresas que assumiu responsabilidade com o meio ambiente (Seiffert, 2007).

No Brasil, a preocupação com o meio ambiente é crescente e muitas empresas estão obtendo certificações internacionais para seus produtos e/ou SGA. Ainda que a nossa realidade seja muito distinta da dos países desenvolvidos, tem-se buscado uma série de oportunidades ligadas à gestão ambiental, mostrando que existem caminhos alternativos para um crescimento econômico sem destruição dos recursos naturais.

A implementação de um Sistema de Gestão Ambiental baseado na ISO 14001 por uma empresa pode ser vista como uma inovação, uma vez que é um processo que exige mudança comportamental e organizacional (Abreu, 1995). O desafio para garantir o sucesso de um SGA é, justamente, o de adequá-lo às características e cultura da empresa.

Com base nas informações obtidas no desenvolvimento desta pesquisa, as principais dificuldades para implementação de um Sistema de Gestão da Ambiental foram: falta de apoio da alta direção; falta de flexibilidade regulamentar; custos de certificação; falta de compreensão dos requisitos da ISO 14001; falta de tempo para a implementação do SGA; incerteza quanto a



Revista Engenharia, vol.8 – Setembro de 2013
reconhecimento do SGA pelas autoridades competentes; falta de pessoal para a gestão e implementação do SGA.

O problema investigado neste trabalho consiste em identificar as principais dificuldades organizacionais para a implementação do SGA, com intuito de contribuir com a otimização dos recursos e redução dos custos das empresas, além de contribuir com o enriquecimento de estudos na área.

HISTÓRICO DO SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL

O conceito de gestão ambiental passou por profundas transformações ao longo dos últimos quarenta anos. Durante as décadas de 70 e 80 que surgiu o conceito de desenvolvimento sustentável, que permite a utilização dos recursos naturais de que temos necessidade hoje, porém sem comprometermos a utilização desses mesmos recursos pelas gerações futuras (Moura, 2008). Como resultado da preocupação global com a conservação do meio ambiente em 1987 foi firmado o relatório das Nações Unidas e intitulado “Nosso Futuro Comum”, foi introduzido o conceito de desenvolvimento sustentável, incitando algumas indústrias a desenvolverem sistemas de gestão ambiental mais eficiente (Moura, 2008). Já na década de 90, houve um grande impulso com relação à consciência ambiental, onde em 1992, 179 países reuniram-se no Brasil para a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento Sustentável, ficando conhecida como Eco 92 ou Rio 92.

A Série ISO 14000

A ISO (International Organization for Standardization), ou Organização Internacional para Normalização é uma organização não governamental, fundada em 1947, com sede em Genebra, na Suíça, e está presente em mais de 120 países. A entidade que atua no Brasil como representante da ISO é a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), criada em 1940 e constituída de 28 Comitês por área de atividade (Associação, 2004).

Segundo Valle (2000), para evitar problemas que poderiam ser ocasionados ao comércio internacional pela proliferação de diversas normas sobre sistemas de gestão ambiental, a ISO criou, em 1993, o comitê técnico TC 207, incumbido de elaborar normas internacionais que assegurem essa abordagem sistêmica à gestão ambiental e possibilitem a certificação das organizações e dos produtos que as cumpram.



O comitê técnico TC 207 foi dividido em seis subcomitês (SC) técnicos e um grupo de trabalho (comitê coordenador), sendo os subcomitês: SC 1 – Sistemas de Gestão Ambiental; SC 2 – Auditoria Ambiental; SC 3 – Rotulagem Ambiental; SC 4 – Avaliação de Desempenho Ambiental; SC 5 – Análise de Ciclo de Vida; SC 6 – Termos e Definições.

Através da experiência adquirida com a elaboração das normas da série ISO 9000 (SGQ) e influenciada pela decisão de alguns países em criar suas próprias normas de gestão e certificação ambiental. Em 1996, a ISO oficializou, com base na BS 7750, as primeiras normas da série ISO 14000, estabelecendo as diretrizes para a implementação do sistema de gestão ambiental e para avaliação e certificação destes sistemas, com metodologias uniformes e aceitas internacionalmente, estas podem ser aplicadas a todos os tipos e partes de organizações, independente das condições geográficas, culturais e sociais (Morilhas, 2007).

Comparando com a ISO 9000, verifica-se que a ISO 14000 é mais abrangente, pois além de prever a certificação das instalações das empresas e suas linhas de produção, no sentido de cumprirem os requisitos de qualidade da produção, também possibilita a certificação dos próprios produtos que satisfaçam os padrões de qualidade ambiental (Valle, 2000).

Conforme cita Moraes (2011) na implementação da série das normas ISO 14000, encontramos enfoques de aplicação na gestão ambiental nas organizações, ou seja, podemos encontrar dois grupos: 1- Organização e 2 - Produto/ processo.

Quadro 01: Alguns grupos e respectivas normas ABNT da série ISO 14000.

GRUPO		NORMA ABNT SÉRIE ISO 14000
ORGANIZAÇÃO	Sistemas de Gestão Ambiental	NBR ISO 14001:2004 NBR ISO 14004:2007 NBR ISO 14063:2009 NBR ISO 14064:2007 NBR ISO 14050:2004
	Avaliação de Desempenho Ambiental	NBR ISO 14031:2004
	Auditoria Ambiental	NBR ISO 19011:2002 NBR ISO 14014:2003
Produto e Processo	Rotulagem Ambiental	NBR ISO 14020:2002 NBR ISO 14021:2004



		NBR ISO 14024:2004
	Avaliação do Ciclo de Vida	NBR ISO 14040:2009 NBR ISO 14044:2009

Fonte: Baseado em Moraes, 2011.

A Norma ISO 14001

A Norma NBR ISO 14001 especifica os requisitos para a implementação de um sistema de gestão ambiental, que forneçam às organizações os elementos efetivos que possam ser integrados com outros requisitos gerenciais, para auxiliar no alcance dos alvos ambientais e econômicos. Ela habilita uma organização a estabelecer e avaliar a efetividade de procedimentos para definir uma política ambiental e os objetivos a atingir suas conformidades. O propósito geral da norma é apoiar a proteção ao meio ambiente e a prevenção da poluição em equilíbrio com as necessidades socioeconômicas (Associação, 2004).

A ISO 14001 também declara ser aplicável a qualquer organização que deseje:

- - Implementar, manter e melhorar o sistema de gestão ambiental;
- - Certificar se estiver em conformidade com sua política ambiental declarada;
- - Demonstrar esta conformidade a outros;
- - Solicitar certificação do sistema de gestão ambiental por uma organização externa e
- - Assumir o compromisso e fazer declaração de conformidade com a norma.

A Implementação do SGA Conforme o Padrão Normativo ISO 14001

A ISO 14001 é uma norma flexível e pode ser implementada em empresas públicas e privadas, de pequeno porte a grandes multinacionais, em todos os ramos e segmentos. Surge como um instrumento de gerenciamento ambiental comum para as empresas, sendo esta uma resposta para as exigências da lei, do mercado, mas principalmente uma alternativa de implementar a gestão ambiental eficaz nas empresas (Associação, 2004).

Embora existam muitas empresas que parecem ignorar a questão ambiental, observa-se que este cenário começa a mudar significativamente nos dias atuais. Ocorre o aumento da conscientização ambiental entre consumidores e poder legislativo e, com isso, um estímulo



Revista Engenharia, vol.8 – Setembro de 2013
maior para uso de técnicas de controle para a questão ambiental das organizações, gerando um aumento no número de certificação conforme a norma ISO 14001.

O SGA apresenta-se como um processo estruturado que possibilita a melhoria contínua, apesar da adoção e a implementação de formas sistemáticas de gestão ambiental que podem proporcionar excelentes resultados a todas as partes envolvidas, porém não existe garantia de que os resultados ambientais em nível de excelência sejam realmente alcançados.

Diante da questão da implementação de SGA, a norma ISO 14001 (e série) tem-se apresentado como um novo elemento no panorama gerencial das organizações. Logo, a tendência mundial atual é buscar a melhoria no processo de gestão ambiental, a qual deixou de ser somente uma função complementar das operações empresariais. Dessa forma, para muitas empresas a gestão ambiental tornou-se uma questão estratégica, e não somente uma questão de atendimentos aos requisitos legais.

Tabela 01: Evolução do n° de empresas certificadas pela ISO 14001 no Brasil.

ANO	N° DE CERTIFICAÇÕES ISO 14001
1998	88
1999	100
2000	200
2001	350
2002	600
2003	1000
2004	1500
2005	2000
2006	2300
2007	2800
2008	3200
2009	3800
2010	4000
2011	5000

Fonte: Revista

A questão ambiental nas empresas tem sido analisada não só pelos órgãos ambientais e pelo mercado, mas também pelos clientes e consumidores. O comportamento dos clientes e consumidores passa a ser um elemento chave neste processo estratégico das empresas, pois são os mesmos que ajudam a sustentar a organização a qual adquiriu o produto. Sendo assim, as empresas constataram a importância dada pelos seus clientes e consumidores à qualidade ambiental (Seiffert, 2007).

É importante ressaltar que na idealização da implementação de um Sistema de Gestão Ambiental em uma empresa deve obrigatoriamente considerar todos os setores envolvidos com a questão ambiental, já que o setor ambiental não é isolado do restante da organização. Com isso é de grande importância que ocorra a interação do setor responsável pelas ações de meio ambiente com os demais setores da empresa, envolvendo desde aquisição de matéria-prima para a produção até o setor de vendas de uma organização, sendo que o objetivo desta relação é buscar uma integração profissional responsável e com harmonia de interesses e foco nos resultados.

Fatores que Motivam a Certificação Ambiental – ISO 14001

A certificação ambiental em conformidade com a ISO 14001 tem proporcionado às empresas uma ótima oportunidade não só de cumprir com os requisitos legais, como também de se tornar mais competitiva e de melhorar seu desempenho ambiental, aumentando também os lucros da empresa (Moura, 2008).

Alguns dos benefícios obtidos com a implementação da ISO 14001 na melhoria do desempenho ambiental abrangem especialmente três enfoques: benefícios para o processo; benefícios para o produto e benefícios gerais para a organização.

Benefícios para o Processo

A implementação eficaz dos Sistemas de Gestão Ambiental pode contribuir com a redução da perda de produtos e os custos da produção. A certificação também aumenta a satisfação do cliente e facilita a venda de produtos e a introdução destes em novos mercados, uma vez que são comprovadamente projetados e fabricados de acordo com as expectativas do mercado consumidor;



Benefícios para o produto

O produto com a certificação da ISO 14001 pode oferecer uma maior confiança e ser um meio eficaz através do qual o consumidor pode identificar os produtos que são controlados e testados conforme as normas nacionais e internacionais. A certificação assegura uma relação favorável entre qualidade e preço, proporciona a garantia de troca e consertos e permite a comparação de ofertas. E ainda, se a marca é conhecida e procurada, se evita a competição desleal, impedindo a importação e consumo de produtos de má qualidade.

Benefícios gerais para a organização

Em resposta às crescentes pressões ambientais, as organizações certificadas melhoram sua imagem perante o mercado, obtendo vários benefícios relacionados com as exigências atuais de: instituições financeiras e governos (maiores facilidades de crédito e incentivos); companhias de seguro (planos mais atrativos); acionistas (maior valorização dos negócios da empresa); mercado (menos barreiras comerciais); clientes (maior confiança e credibilidade); funcionários, ONGs e da comunidade em geral (Serviço, 2004).

Além dos benefícios proporcionados às muitas partes interessadas, observa-se atualmente um crescimento dos requisitos legais, onde seu cumprimento é obrigatório, independente das empresas terem ou não um SGA. Por isso, a certificação resulta em ganhos financeiros reais, já que evita multas ambientais, além de maior transparência e confiança junto aos órgãos fiscalizadores (Serviço, 2004).

Dificuldades para implementação do Sistema de Gestão Ambiental

Uma organização pode implementar um SGA apenas para melhorar seu desempenho ou atender melhor seus clientes, mas se ela estiver interessada em obter a certificação de seu Sistema de Gestão Ambiental, para poder exportar, gerar vantagens competitivas, busca de novos mercados ou para demonstrar para todos os seus clientes que o sistema implementado está sendo mantido de acordo com os procedimentos internos e estes atendem os requisitos da norma em uso, ela precisará passar por diversas etapas as quais gerarão mudanças expressivas, importantes e contínuas em seus processos operacionais.



Darnall (2003) afirma que as empresas que decidiram implementar um SGA são impactadas pelo ambiente repleto de mudanças e complexidades que interferem profundamente no desempenho da produção, exigindo novas formas de trabalhar e de pensar, resultando em custos, através de compras de novos equipamentos, contratação de mão de obra qualificada, necessitando de documentação de todos os processos legais, do plano de gestão e da política ambiental da empresa e implantando sistemáticas para monitoramento e medição dos aspectos ambientais significativos.

Uma das principais dificuldades na implementação de um SGA é a resistência à mudança e o não envolvimento de todos os funcionários da organização. Por se tratar de mudança de cultura, é necessário levar em consideração os aspectos sutis do capital humano, ou seja, a motivação deve estar presente em todas as etapas deste processo.

Outra grande dificuldade encontrada, atualmente, nas organizações de qualquer porte, é a disponibilidade de mão de obra especializada para desempenhar funções que não sejam as tarefas diárias, rotineiras. Objetivos não realistas com o planejamento estratégico, o baixo grau de envolvimento da alta direção, processos ineficientes, criação de uma burocracia interna paralela, recursos financeiros escassos, falta de conscientização de funcionários nos diversos níveis hierárquicos, escolha inadequada de multiplicadores, dificuldades de manutenção da nova cultura ambiental e treinamentos ineficazes, são as causas mais frequentes que desmotivam a equipe.

Segundo estudos realizados por Diamond (1996) às dificuldades encontradas na implementação do SGA, as empresas indicaram, de forma destacada, a falta de tempo. Para além desta dificuldade, apontaram ainda as seguintes: Apoio insuficiente ou falta de compreensão da gestão de topo; Insuficiência de recursos; Dificuldade de compreensão da ISO 14001 e Aversão à documentação necessária.

Também para Diamond (1996), o maior custo incorrido na implementação do SGA decorre do tempo utilizado pela organização. Quando a empresa opta por recorrer a apoio de consultoras para apoio a este processo, assume também um valor significativo os custos necessários a esta afetação. De forma idêntica, Stapleton, Glover e Davis (2001) referem que os custos internos representam o grosso dos recursos empregados na maior parte das organizações e incluem o tempo gasto pelos trabalhadores, incluindo a própria gestão de topo. No que diz respeito aos custos externos, estes contemplam o apoio de colaboradores e a formação externa dos colaboradores.



Relativamente às dificuldades decorrentes da implementação de SGA segundo a ISO 14001, Burdick (1997), que também acentua a importância dos custos, referiu os seguintes aspectos como resultados do seu estudo:

- Custos, uma vez que os inquiridos indicavam que os custos de mão de obra não compensavam as poupanças obtidas (28%);
- Desempenho ambiental pelo fato de considerarem não existir uma garantia efetiva de melhoria contínua na redução dos impactos ambiental (22%); e
- Falta de conscientização pública neste domínio (19%).

Importa ainda salientar que, segundo Hillary (1999), surgem também barreiras à adoção de SGA por parte das Pequenas e Médias Empresas (PME) que se podem dividir em dois grupos: as internas e as externas. As barreiras internas à adoção de SGA incluem, entre outros, os seguintes aspectos:

- A falta de recursos humanos, que é a barreira mais relevante e tende a acentuar-se quando a dimensão da empresa diminui;
- A implementação do SGA gera problemas de ordem prática, tais como, por exemplo, a determinação dos aspectos ambientais significativos e sua significância, e a independência dos auditores internos em pequenas e microempresas; e
- As PME encontram-se, de uma forma geral, pouco informada sobre os SGA, sua forma de funcionamento e benefícios que originam.

No que se refere às barreiras externas, destacam-se as seguintes:

- As PME encontram inconsistências e dificuldades nos processos de certificação ISO 14001 e queixam-se profundamente dos custos inerentes;
- Muitas PME apresentam motivações insuficientes para a adoção de SGA e incertezas quanto aos benefícios destes sistemas; e
- As PME necessitam de apoio e orientação para a implementação dos respectivos SGA, mas encontram dificuldades na seleção de informação ligadas ao sistema e de consultores experientes. A falta de orientação por setor de atividade e adequada às suas diferentes dimensões também poderá revelar-se um problema adicional.

Comparativamente, Hillary (1999) refere que as barreiras internas da adoção de SGA são mais importantes do que as externas.



Com base nos resultados da análise de dados promovida por Delmas (2002), apontam-se as seguintes dificuldades consideradas pelas empresas como Constrangimentos Moderados ou Sérios da adoção da ISO 14001, acompanhadas igualmente das respectivas porcentagens de resposta:

- Falta de apoio da gestão de topo (77%);
- Custos de concepção do SGA (75%);
- Falta de flexibilidade regulamentar (69%);
- Custos de certificação (67%);
- Falta de compreensão dos requisitos da ISO 14001 (67%);
- Custos anuais de manutenção do SGA (67%);
- Falta de tempo para a implementação do SGA (65%);
- Incerteza quanto à utilização da informação relativa às auditorias do SGA por parte das autoridades competentes (62%);
- Potenciais sanções regulamentares resultantes da divulgação voluntária (60%); e
- Falta de pessoal para a gestão e implementação do SGA (58%).

Segundo Chan e Wong (2006), outra questão que compromete a implementação de SGA são as falhas em comunicação organizacional e as distorções nas estruturas de poder são fatores determinantes do sucesso ou fracasso do processo de implementação de um sistema de gestão e a alta direção tem um papel fundamental para viabilizar melhores condições relativas a estes elementos. Sem o seu compromisso e envolvimento, o programa não ganha credibilidade diante dos colaboradores, afetando diretamente o desempenho deste processo.

Rondinelli e Vastag (2000) afirmam que a implementação de sistemas de gestão ambiental exige o planejamento de avaliações sistemáticas e treinamentos. O treinamento é responsável pelo bom desempenho do capital intelectual e pode ser a chave para amenizar resistências às mudanças.

METODOLOGIA

O perfil das empresas entrevistadas é o mais diversificado possível, não houve distinção por setor, porte, ou região, os únicos requisitos necessários para participar da pesquisa eram: possuir o certificado NBR ISO 14001 e ter instalação no Brasil.



Foi elaborado um questionário com três perguntas que descreve o perfil geral das empresas e as 10 principais dificuldades para implementação do SGA, as dificuldades foram selecionadas com base na literatura consultada, a fim de levantar dados sobre as o grau das dificuldades para implementação de um SGA, baseado na norma NBR ISO 14001. Os resultados deste trabalho irão apresentar uma visão geral sobre as dificuldades que tiveram as empresas já certificadas.

Os contatos das empresas que possuem certificado NBR ISO 14001 foram conseguidos quase em sua totalidade a partir da base de dados do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO, 2013) e através do site das próprias empresas. A partir desse banco de dados ocorreu o contato via email com os responsáveis pelo SGA das empresas investigadas. Foi enviada uma carta de apresentação (no corpo do e-mail) em conjunto com um questionário que deveria ser respondido e enviado de volta para o e-mail do remetente, dos questionários enviados, cerca de 20% das empresas retornaram e participaram desta pesquisa.

Os resultados deste trabalho são apresentados no geral (percentual), em tabelas e gráficos (sem especificar o nome da empresa) para melhor visualização e análise. A partir das tabelas e gráficos é analisado o padrão das respostas das empresas entrevistadas, o que proporciona uma visão interna geral de como as empresas certificadas, abordaram e abordam as questões ambientais na organização e seus respectivos SGA.

Por fim, foram analisadas as dificuldades que tiveram maior número de empresas afirmando serem alto. Com a aplicação desta pesquisa, pode-se apresentar neste trabalho um panorama das principais dificuldades encontradas por algumas empresas que buscaram a certificação ISO 14001.

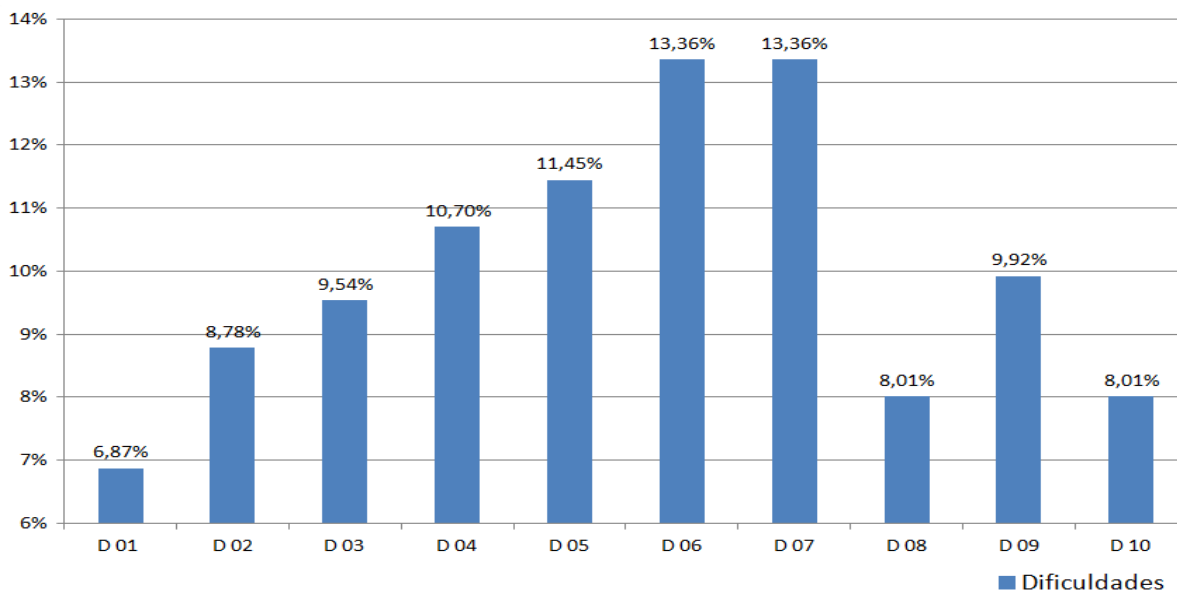
RESULTADO E DISCUSSÃO

Mais da metade das empresas entrevistadas (51,14%) é de grande porte, já as empresas de médio porte correspondem a 14,28% do total de empresas entrevistada, por fim 28,58% das empresas entrevistada é de pequeno porte.

Com base nos dados obtidos na pesquisa é possível evidenciar que as dificuldades D06 e D07 foram a que mais se destacaram, por serem as dificuldades que as empresas pesquisadas julgaram ter alto grau de adequação para implementação do SGA (13,36% cada uma), já as

dificuldades D01, D08 e D10 se mostraram com baixo grau de dificuldade em relação às demais.

Gráfico 01 – Percentual das Dificuldades para Implementação do SGA



Ainda com a apuração dos resultados, possibilitou verificar-se que o ramo (gráfico 02) e a dimensão (gráfico 03) da empresa influenciaram significativamente na adoção do Sistema de Gestão Ambiental. Porém o principal fator que determina o grau de dificuldade geral para adoção de SGA pelas empresas é a dimensão das mesmas, como mostra nos gráficos 03. As Pequenas e Médias Empresas (PME) obtiveram as maiores resultados, ou seja, as PME por falta de recursos, sejam eles financeiros ou recursos humanos com experiência para conduzir o processo de implementação. Porém a principal dificuldade enfrentada pelas PME é a questão financeira, já que são bastante vulneráveis ao seu fluxo de caixa. Os resultados obtidos nas pesquisas comprovam as ideias de Hillary (1999), onde o autor desenvolveu trabalho similar, que contemplou as dificuldades interna e externa para as Pequenas e Médias Empresas na adoção do SGA, mesmo sendo informações obtidas a partir de estudos realizados fora do Brasil, às dificuldades citadas por ele tiveram resultados semelhantes aos obtidos nessa pesquisa, em sua maior parte.

Com base na literatura consultada para fundamentar as dificuldades. Mesmo sendo trabalhos realizados em outros países com cultura e recursos distintos do que temos no Brasil, foi identificado que as barreiras ressaltadas pelos autores como aquelas que possuíam um alto

Revista Engenharia, vol.8 – Setembro de 2013
 grau de dificuldades para adoção do SGA, foram as que as empresas pesquisadas caracterizaram como as que mais seriam disponibilizados mais recursos e energia.

Gráfico 02–Percentual do grau de dificuldades por Ramo para adesão de SGA

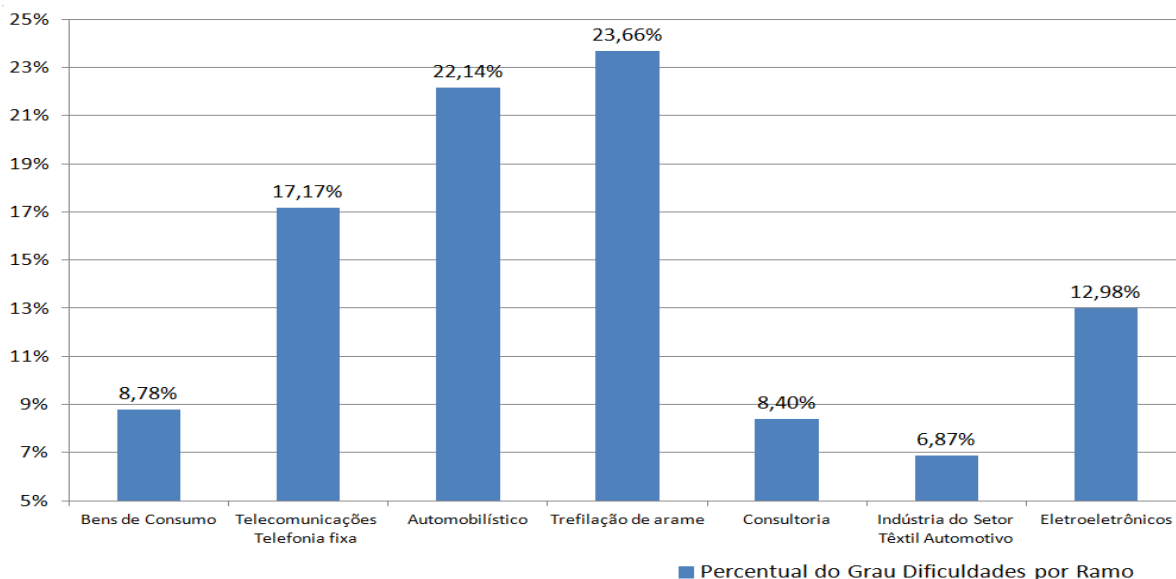
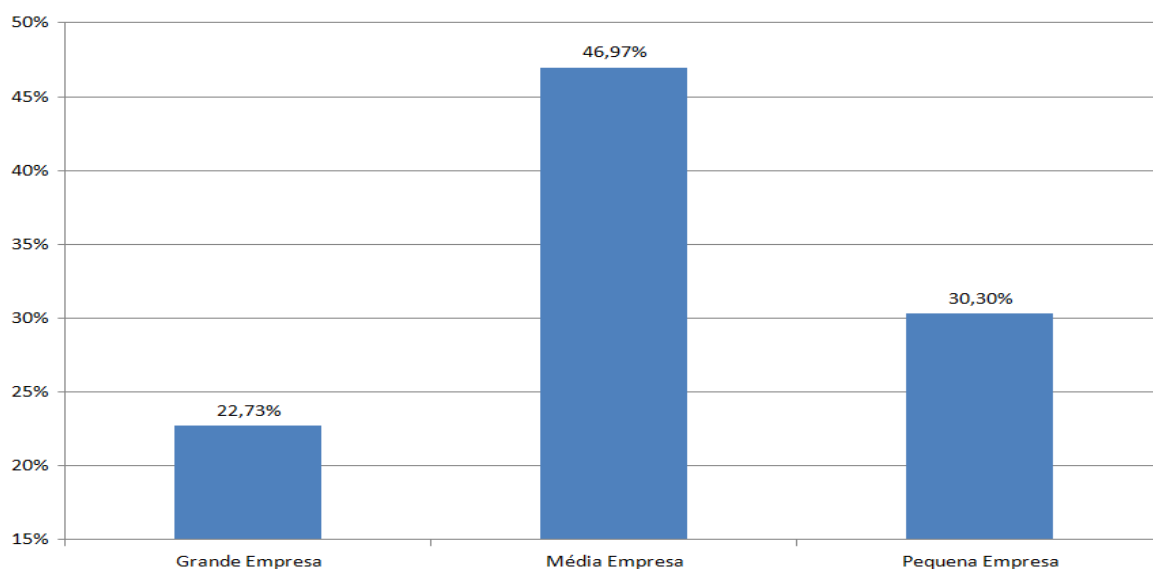


Gráfico 03 – Porte e o percentual das dificuldades para obtenção de SGA.



CONCLUSÃO

O presente trabalho de pesquisa tem como foco avaliar quais as principais dificuldades, que as empresas enfrentaram na implementação do SGA, que nesse caso, as duas que se destacaram por sua significância para implementar o sistema em questão foram: custos totais (todo o investimento necessário para obter a certificação) e a dificuldade em providenciar as documentações necessárias para se adequar a Norma ISO 14001.

Como os resultados da pesquisa foram organizados em gráficos e tabelas que otimizaram apreciação dos resultados, possibilitou identificar quais os fatores decisivos para tornar-se o sistema de gestão ambiental uma realidade nas empresas. Com isso conclui-se que o setor e o porte são os principais entraves para adoção da ISO 14001 e ainda identificar que o porte da empresa é o fator que mais influenciou na implementação do SGA, onde as PME obtiveram resultados expressivos comparado com as de grandes empresas. A dificuldade que mais comprometeu as PME é a questão financeira. Os custos da consultoria para implementação, auditorias de supervisão do SGA, adequação de equipamentos e processos produtivos são obstáculos consideráveis, já que elas são sensíveis ao fluxo de caixa.

Por fim, conclui-se que um efetivo sistema de gestão ambiental permite a uma organização estabelecer e avaliar a real situação de seus processos e procedimentos estabelecidos para aplicação de uma política de gestão ambiental e seus objetivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR ISO 14001: 2004. Sistema de Gestão ambiental – Requisitos com Orientações para uso. Rio de Janeiro, 2004.

ABREU, A. F. The Role of Stakeholders' in Predicting the Outcomes of IS Implementation Process. Tese de Doutorado em Ciências da Administração – Universidade de Waterloo. Ontário, Canadá, 1995.

BURDICK, D. - Benchmarking Perceptions of ISO 14001. In Moving ahead with ISO 14001, Eds. Philip A Marcus and John T Willig, John Wiley and Sons, Inc., 1997.

CHAN, E. S. W.; WONG, S. C. K. Motivations for ISO 14001 in the hotel industry. Tourism Management, 2006.



DARNALL, N. - Why U. S Firms Certify to ISO 14001: An Institutional and Resourcebased View. Comunicação apresentada em Best Paper Proceedings of the 2003. Academy of Management Conference, Seattle, Washington, 2003.

DELMAS, M. - Environmental Management Standards and Globalization. UCIAS, - Dynamics of Regulatory Change: How Globalization Affects National Regulatory Policies, 2002. Available in <http://repositories.cdlib.org/cgi/View>, accessed 05/05/13.

DIAMOND, C. P. - Environmental Management System Demonstration Project: Final Report. NSF International, Ann Arbor, Michigan, 1996.

HILLARY, R. - Evaluation of Study Reports on the Barriers, Opportunities and Drivers for SME's in the Adoption of Environmental Management Systems - Paper presented to the Department of Trade and Industry, Environmental Directorate, 1999. Available in <http://www.inem.org/htdocs/iso/hillary.html>, accessed 05/05/13.

MOREIRA, M. S. Estratégia e implementação de sistema de gestão ambiental modelo ISO 14000. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2001.

MORILHAS, L. J. O estágio emergente das práticas ambientais no desenvolvimento de produtos das organizações inovadoras: Um estudo exploratório. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, 2007.

MORAES, C. S. B. Auditoria e Certificação Ambiental. Apostila de aula - LCF 694 Auditoria e Certificação Ambiental. LCF/ ESALQ/ USP, 2011.

MOURA, L. A. A. de. Qualidade e Gestão Ambiental – 5ª Ed. – São Paulo: Editora Juarez de Oliveira, 2008.

RMAI - Revista Meio Ambiente Industrial (maio/junho de 2011).

RONDINELLI, D. VASTAG, G. Panacea, common sense, or just a label The value of ISO 14001 environmental management systems. 2000. Available in: www.scholar.google.com.br/scholar, accessed 05/05/13.

SEIFFERT, M. E. B. ISO 14001 Sistemas de gestão ambiental – implementação objetiva e econômica. Ed. 3ª São Paulo: Editora Atlas, 2007.



Revista Engenho, vol.8 – Setembro de 2013
SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS -
Metodologia SEBRAE para Implementação de Gestão Ambiental em Micro e Pequenas
Empresas. Brasília: SEBRAE, 2004.

STAPLETON, P. J.; Glover, M.A. e Davis, S. P. - Environmental Management Systems: An
Implementation Guide for Small and Medium-Sized Organizations. NSF International, 2ª ed.,
2001.

VALLE, C. E. Como se preparar para as normas ISO 14000: Qualidade Ambiental: o desafio
de ser competitivo protegendo o meio ambiente. São Paulo: Pioneira, 2000.



SISTEMA WEB PARA CONTROLE DE FROTAS

Felipe Ricardo Freitas,

lipofreitas@yahoo.com.br.

Carlos Eduardo Câmara, Carlos Eduardo.

Centro Universitário Padre Anchieta

dinhocamara@gmail.com.

RESUMO

Este artigo tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema web para o controle de frotas de veículos, que auxilie as empresas disponibilizando as informações referentes à localização de seus veículos, possibilitando assim a tomada de decisão baseada na posição atual de cada veículo. Os estudos realizados neste projeto demonstram que a cada dia torna-se imprescindível monitorar os veículos de uma frota. Utilizando a tecnologia *GPS*, aliada da plataforma *WEB*, as informações serão vistas em tempo real pelos administradores das frotas em qualquer lugar que eles estejam fisicamente.

Palavras chave: *GPS, PostgreSQL, Java, PHP.*

ABSTRACT

This article aims to develop a web-based system for tracking vehicle fleets, which assists companies providing the information regarding the location of their vehicles, thus enabling decision making based on the current position of each vehicle. Studies show that this project every day it becomes essential to monitor a fleet of vehicles. Using *GPS* technology, combined with the web platform, the information will be viewed in real time by the managers of fleets anywhere they are physically.

Keywords: *GPS, PostgreSQL, Java, PHP.*

INTRODUÇÃO

A tecnologia *Global Positioning System (GPS)* está em crescente evolução, esta tecnologia foi criada em 1973 pelo departamento de defesa dos EUA (*DoD* - Estados Unidos da America), mas foi declarado totalmente operacional apenas em 1995.

“Sem sombra de dúvidas, o sistema GPS é o maior avanço tecnológico das últimas décadas, na navegação e no posicionamento desde o advento da bússola” (SEGANTINE, 2005).

Hoje a tecnologia *GPS* é o principal auxílio aos motoristas em suas rotas, neste caso o *GPS* tem a função de mostrar ao condutor qual o caminho a ser seguido para chegar ao destino desejado. Outro objetivo desta tecnologia é auxiliar o rastreamento de veículos, principalmente de caminhões. Em 1994 a Autotrac Comércio e Telecomunicações S/A, empresa que tem como um de seus sócios o tricampeão mundial de Fórmula 1 Nelson Piquet, deu início ao segmento de comunicação móvel de dados, monitoramento e rastreamento de frotas no Brasil (AUTOTRAC, 2012).

Existem alguns sistemas de controle de frotas que auxiliam as empresas, mas esses sistemas apenas possibilitam que se possa saber onde está determinado veículo e se naquele exato momento está dentro de sua rota. A ideia deste trabalho consiste em mostrar um histórico de cada veículo, assim será possível verificar e monitorar de forma automática a localização exata e analisar se o mesmo está percorrendo ou percorreu realmente a sua rota pré-determinada e se efetuou algum desvio.

Por exemplo, uma empresa de taxi poderá controlar todas as suas viagens, como escolher qual veículo atenderá a um chamado, verificar o tempo gasto em cada viagem ou se esteve parado por muito tempo sem nenhuma notificação e assim tomar alguma decisão, como acionar a segurança por exemplo.

OBJETIVO

Neste trabalho é apresentado o desenvolvimento de um sistema de controle de frotas, com objetivo principal de exibição visual da posição de veículos sobre um mapa através do posicionamento por GPS. Exibindo desta forma ao gestor de logística (ou ao usuário do

sistema), a posição atual de cada veículo previamente cadastrado e as informações necessárias ao seu monitoramento.

Consequentemente outros recursos serão alcançados, como poder analisar o tempo gasto por um determinado veículo em seu trajeto, controle da distância percorrida, prever o tempo necessário para um trajeto ser completado, verificar o tempo restante para um veículo chegar ao final de sua rota e até mesmo avisar ao gestor quando um veículo saiu de sua rota pré-determinada. Informações que podem ser retiradas do serviço de mapas ou do programa de logística que determine rotas.

GPS

O sistema *GPS* é um sistema de radio-navegação, desenvolvido pelo departamento de defesa dos Estados Unidos da América. Este sistema utiliza informações obtidas de uma constelação de satélites conhecida como *Navigation Satellite with Time and Ranging (NAVSTAR)*.

A constelação conta com 24 satélites, sendo 21 em operação e mais 3 reservas. Estes satélites estão orbitando em 6 planos inclinados em 55° em relação ao plano do Equador, a uma altitude média aproximada de 20.200 km. Estas órbitas são no formato de elipse com a distância do maior semieixo aproximado de 26.600 km, como mostra a figura 1. O tempo de cada ciclo destes satélites é de 11h 57' 58,3'' no Tempo Universal Coordenado (*UTC*).

Esta constelação garante que cada satélite repita sua posição todo dia com defasagem aproximadamente de 4 minutos, também garante que a qualquer instante haja pelo menos 4 satélites acima da linha do horizonte de uma antena receptora (SEGANTINE, 2005).

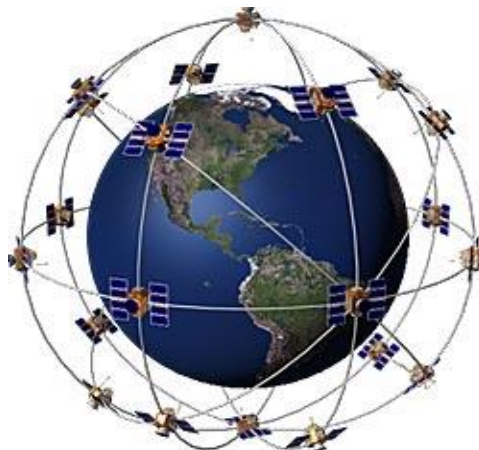


Figura 8- Ilustração da constelação de satélites (GPSCENTER, 2012).

Na superfície terrestre existem 5 estações de controle, sendo que uma delas recebe a posição de Estação *Master* de Controle. Essas estações têm a função de manter os satélites dentro de suas respectivas órbitas e manter o bom funcionamento de cada satélite, verificando as placas solares, nível de energia das baterias, o nível de combustível necessário para que o satélite possa voltar a sua posição caso necessário (SEGANTINE, 2005).

Essas estações de controle têm a responsabilidade de controlar os relógios de cada satélite, ou seja, sincronizá-los, rastreá-los e fornecer suas posições periodicamente.

Os satélites emitem ondas de rádio em duas frequências a L1 que opera a 1575,42 MHz e a L2 a 127,60 MHz. Estas ondas são emitidas para a superfície, com a identificação do satélite, e com informações do horário de seu relógio que possui precisão de nanosegundos. O receptor captura essas informações determina a sua distância em relação aquele satélite fazendo cálculo pelo tempo em que a informação levou para chegar até ele. Tendo essa informação o receptor utiliza o método conhecido como Trilateração (triangulação) para saber sua posição. Este método de localização utiliza a informação da distância entre o receptor e o satélite e traça um círculo em torno do satélite, para ter a localização exata do receptor este método utiliza a informação de pelo menos 4 satélites, assim a localização do receptor está no único ponto em que todos os círculos se encontram (LANGENDOLFF, 2008).

Cálculo da distância:

$$R_i = C \times Dt_i$$

Onde: R_i – Distância entre o receptor e o satélite emissor.

C – Velocidade da Luz.

Dt_i – tempo transmitido pelo satélite.

Observação: o índice i refere ao número do satélite ($i=1, 2, 3$).

FERRAMENTAS DE DESENVOLVIMENTO

Ferramentas de desenvolvimento tratam-se das linguagens de programação, sistemas de gerenciamento de banco de dados e tecnologias utilizadas para o desenvolvimento de um sistema ou aplicação.



As escolhas das ferramentas de desenvolvimento deste projeto foram feitas levando em consideração as linguagens de programação disponíveis no mercado para o desenvolvimento de aplicações *WEB*, linguagens para desenvolvimento em plataforma *Android*, banco de dados robusto e seguro e ferramentas gratuitas.

Banco de Dados

O Banco de dados escolhido foi o *Postgresql* que é um sistema de gerenciamento de banco de dados objeto-relacional de código aberto e de uso gratuito. Com mais de 15 anos de desenvolvimento ativo, é resultado de uma grande evolução de um projeto que foi desenvolvido na Universidade de Berkeley na Califórnia. Tinha como líder do projeto Michael Stonebraker, um dos pioneiros em banco de dados relacionais.

O *Postgresql* é comprovadamente um sistema de gerenciamento de forte reputação em confiabilidade, segurança e integridade de dados. Por esses motivos ele vem sendo escolhido como melhor alternativa por muitas empresas (POSTGRESQL, 2012).

PHP

PHP (um acrônimo recursivo para "*PHP: Hypertext Preprocessor*", originalmente *Personal Home Page*), trata-se de uma linguagem interpretada, que originalmente é usada apenas para o desenvolvimento de aplicações que atuavam no lado do servidor, com capacidade de gerar conteúdo dinâmico.

Criado em 1995 por Rasmus Lerdof, o *PHP* foi uma das primeiras linguagens passíveis a inserção em documentos *HTML*. O objetivo principal do *PHP* é o desenvolvimento *WEB*. Suas principais características são:

- Velocidade e robustez;
- Estruturado e orientação a objetos;
- Portabilidade;
- Tipagem dinâmica;
- Sintaxe muito parecida com C/C++;
- Código aberto;
- O código *PHP* é processado no lado do servidor, e é enviado para o cliente através do *browser*. No lado do cliente, é gerada apenas a visualização no *browser* através de *HTML*. Uma das vantagens desta



Revista Engenho, vol.8 – Setembro de 2013
linguagem é que se trata de uma linguagem de *scripts*, ou seja, o código não precisa ser compilado antes da execução (PHP, 2012).

Google Maps API

Trata-se de um serviço gratuito, disponível para qualquer site que o público possa usar gratuitamente. O *Google Maps* é um serviço de geolocalização disponibilizado pela *Google*, que permite efetuar pesquisa e visualização de mapas e imagens de satélite da Terra.

API é o acrônimo de *Application Programming Interface* ou, em português, *Interface de Programação de Aplicativos*. Esta *interface* é o conjunto de padrões de programação que permite a construção de aplicativos utilizando o *Google Maps* através de classes desenvolvidas pela *Google* e disponibilizadas para desenvolvedores (MAPS, 2012).

Java

Desenvolvido pela *Sun Microsystems* na década de 1990, e chefiado por James Gosling, trata-se de uma linguagem orientada a objeto. Tem como principal característica a portabilidade, porque não depende de plataforma, uma aplicação em *Java* é carregada e executada pela máquina virtual *Java Virtual Machine (JVM)* que é um *middleware* entre o programa-código e o código executável para o determinado sistema operacional. Deste modo uma aplicação *Java* pode ser executada em qualquer plataforma, *hardware/SO*, desde que tenha uma *JVM* instalada. Outras características são a versatilidade, a eficiência e a segurança. Deste modo o *Java* é utilizado desde em *laptops* à *datacenters*, de *games* à supercomputadores científicos, de telefones celulares à *Internet*.

Até os dias de hoje, a plataforma *Java* atraiu mais 9 milhões de desenvolvedores de *software*.

Alguns números:

- 1,1 bilhão de *desktops* executam *Java*;
- 930 milhões de *downloads* do *Java Runtime Environment* a cada ano;
- 3 bilhões de telefones celulares executam *Java*;
- 100% de *Blu-ray players* executam *Java*;
- 1,4 bilhões de Placas *Java* são fabricadas a cada ano;
- Decodificadores *Java*, impressoras, câmeras *WEB*, *games*, sistemas de navegação automotiva, casas lotéricas, dispositivos médicos, estações de pagamento de estacionamento e mais (JAVA.com, 2012).

PLATAFORMAS DE SUPORTE DO SISTEMA PROPOSTO

Servidor

No desenvolvimento deste projeto foi utilizado um servidor, onde está hospedado o banco de dados cujas informações serão gravadas, como o cadastro da empresa, seus usuários, veículos, dispositivos e os históricos de posições, neste servidor também estão configuradas as plataformas de desenvolvimento. Neste servidor também está hospedado o sistema *web*, onde são exibidas todas as informações e utilizado para cadastrar e alterar informações.

Este ambiente está configurado sobre um sistema operacional *Ubuntu 12.04 Precise Pangolin LTS*, que se trata de um sistema sobre o *Kernel Linux*, baseado em *Debian*. O *Ubuntu* é patrocinado pela Canonical, e desenvolvido por uma comunidade formada por voluntários (UBUNTU, 2012).

Mobile

Para a captura da posição de determinado veículo ou usuário, foi desenvolvido um aplicativo para capturar a localização e transmitir para um banco de dados, este aplicativo foi desenvolvido para aparelhos que utilizam o sistema *Android* e possuem tecnologias *GPS* e acesso a *internet* por sinal 3G e/ou *Edge*.

Android é um sistema operacional para dispositivos móveis, como celulares e *tablets*, baseado no *Kernel Linux*. É desenvolvido pela *Open Handset Alliance*, que é uma aliança de várias empresas entre elas a *Google Corp.*, que lidera esse grupo, *Motorola*, *Samsung*, *Nvidia*, *Dell*, *Intel* entre outras (ANDROID, 2012).

DOCUMENTAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

A *Unified Modeling Language (UML)* que é uma linguagem visual para especificação, construção e documentação de *softwares*. A *UML* é uma linguagem diagramática que padroniza as metodologias de desenvolvimento de sistemas. A *UML* baseia-se em diagramas modelados e classificados de acordo com a abstração da visualização dos processos de um sistema ou aplicação (SILVA, 2001).

Através da *UML* utilizamos os diagramas de casa de uso, de classe e de entidade-relacionamento para demonstrar as funcionalidades e comportamento do sistema proposto neste artigo.

Diagrama de caso de uso

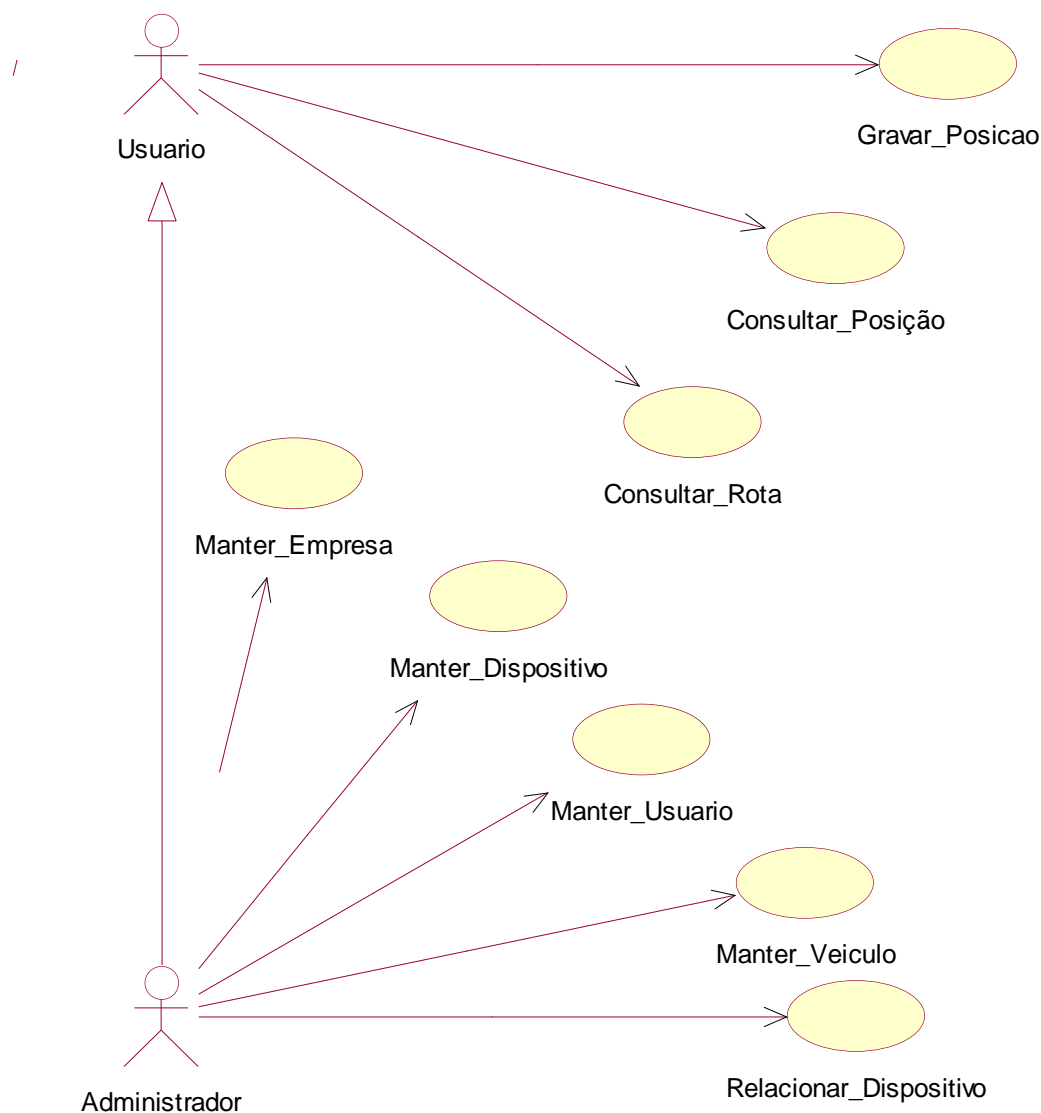


Figura 9 – Diagrama de Caso de Uso

A figura 2 apresenta as funcionalidades do sistema, a partir da interação com os atores externos. Onde o ator Administrador (Gestor de Logística) é o responsável por cadastrar e alterar os cadastros de empresas, dispositivos, usuários, veículos e o relacionamento entre empresa, dispositivo, usuário e veículo, através dos casos de uso, Manter_Empresa, Manter_Dispositivo, Manter_Usuario, Manter_Veiculo e Relacionar_Dispositivo.

Já o ator Usuário exerce as atividades de inserir sua posição, consultar sua posição e suas rotas através dos casos de uso Gravar_Posição, Consultar_Posição e Consultar_Rota.

Cada passo corresponde a uma ação de um ator como mostra a tabela 1.

Administrador cadastra a empresa.

Administrador cadastra o dispositivo.

Administrador cadastra o usuário.

Administrador cadastra o veículo.

Para cada dispositivo cadastrado o Administrador cadastra o relacionamento dele com o Usuário e veículo.

Usuário grava sua posição.

Usuário consulta sua posição.

Usuário consulta sua rota.

Tabela 1 - Fluxo Principal

1.1 Diagrama de Classes

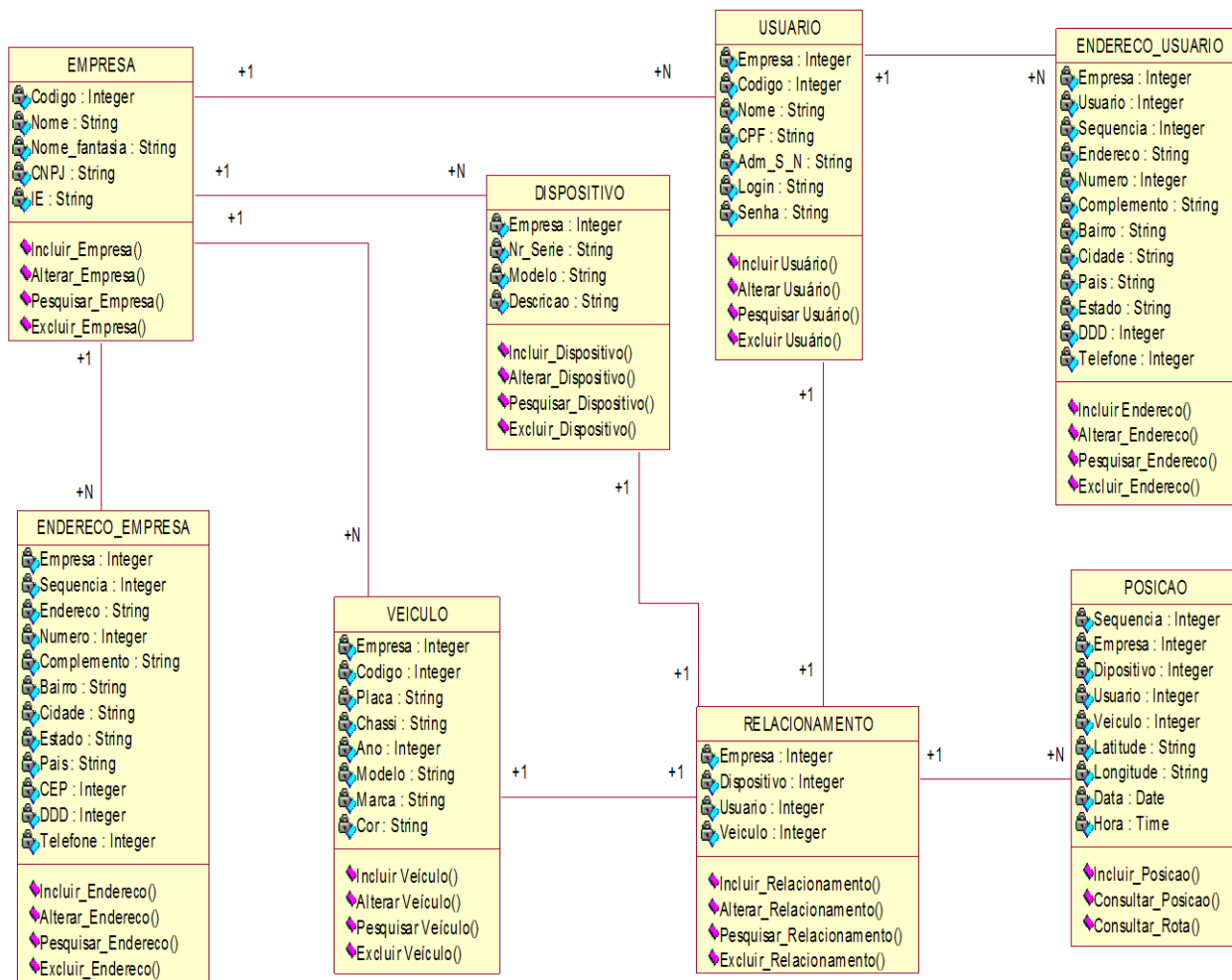


Figura 10 - Diagrama de Classe

A figura 3 mostra o diagrama de classes deste projeto. Onde para cada empresa pode-se ter vários usuários, vários veículos e vários dispositivos. Na classe relacionamento liga-se um dispositivo a um usuário e a um veículo. A classe posição está ligada à classe RELACIONAMENTO.

Diagrama Entidade-Relacionamento

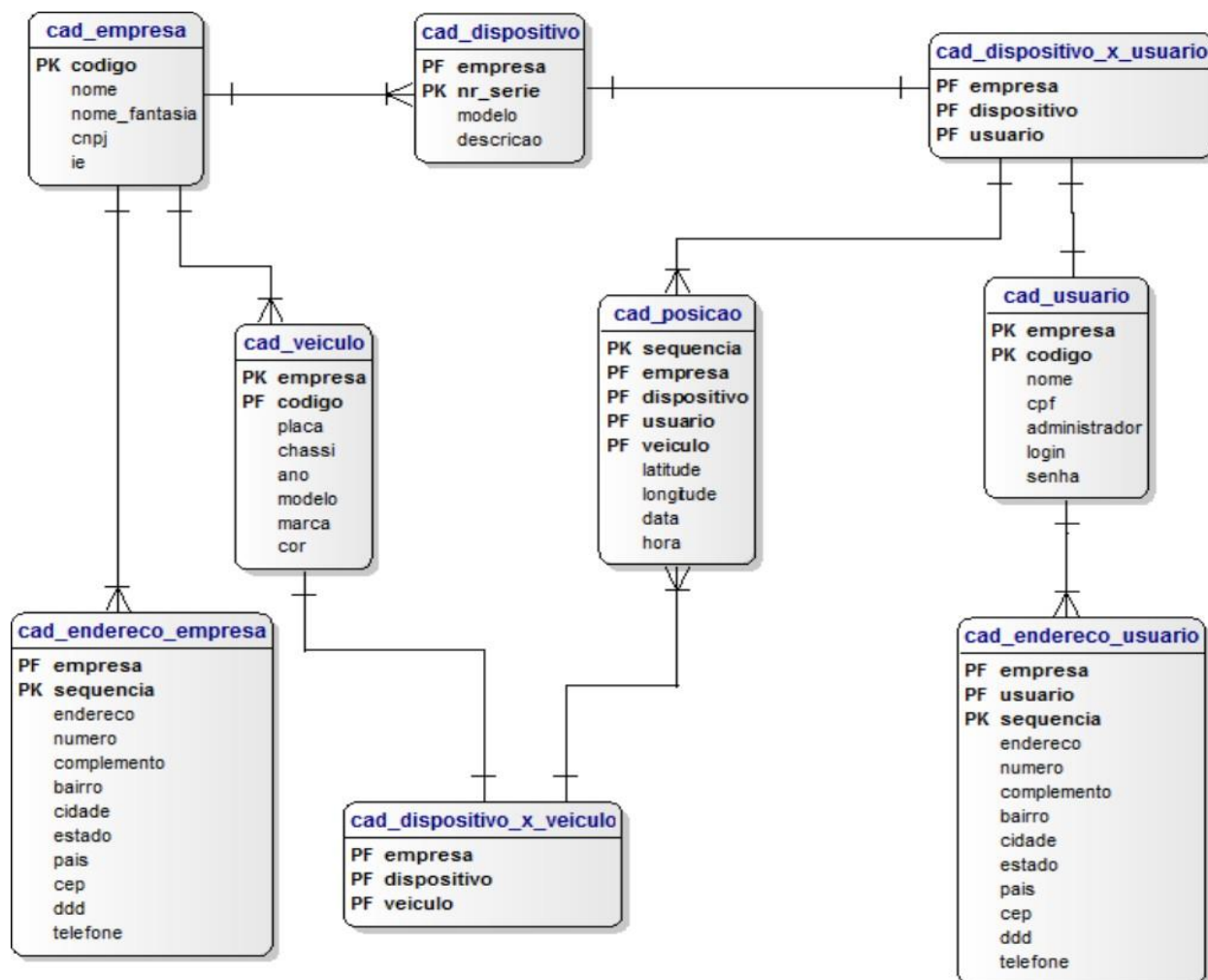


Figura 11 - Diagrama Entidade Relacionamento

A figura 4 apresenta o Diagrama de Entidade-Relacionamento deste projeto. A tabela empresa possui a chave primária código, onde todas as outras tabelas possuem a chave estrangeira empresa, que referencia esta tabela. Portanto pode-se ter várias empresas utilizando o mesmo sistema e a mesma base de dados.

Para cada empresa cadastrada na base de dados, podem-se cadastrar vários dispositivos, vários usuários, e vários veículos. No diagrama entidade relacionamento (figura 4), existem duas tabelas, cad_dispositivo_x_veiculo e cad_dispositivo_x_usuario, onde essas tabelas são derivadas da classe relacionamento na figura 3. Assim é possível relacionar um dispositivo com um usuário e com um veículo.

A tabela posição é utilizada para guardar a informação de localização dos dispositivos, e através da classe relacionamento é inserido também o usuário e veículo.

SISTEMA CHAKAL

Neste projeto, o sistema está dividido em três módulos, a aplicação *mobile*, o banco de dados e a aplicação *WEB*. Estes módulos estão divididos em duas plataformas. Sendo essas plataformas um dispositivo com *SO Android* e um servidor com *SO Ubuntu* como mostra a figura 5.

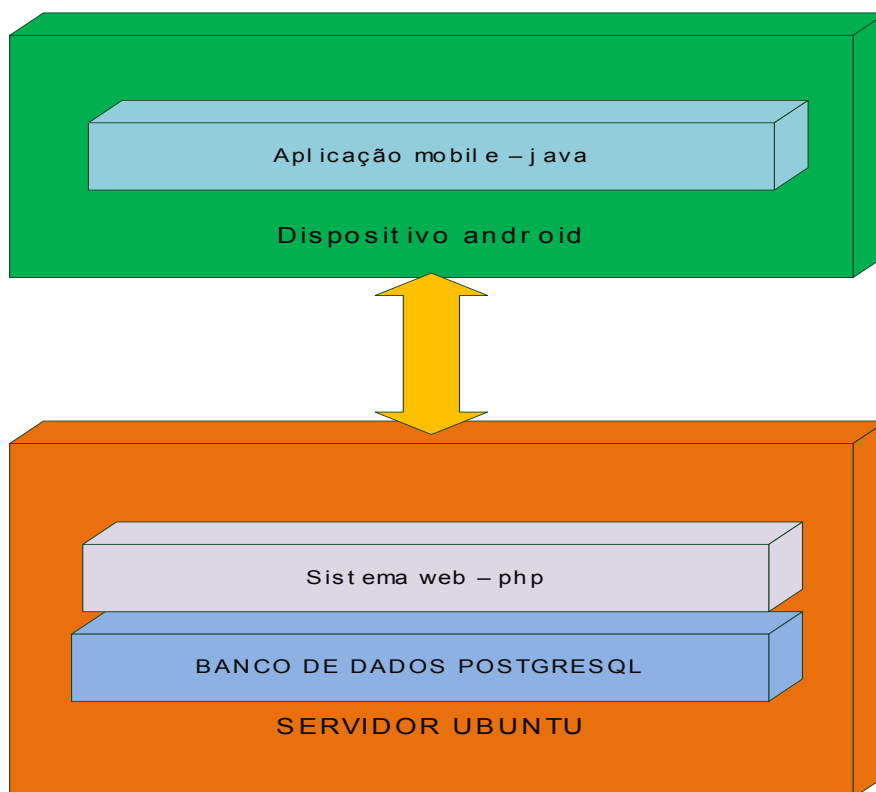


Figura 12 - Módulos do Sistema

Descrição do desenvolvimento funcional aplicação mobile

O módulo *mobile* é composto por uma única aplicação que ao iniciar, captura o *International Mobile Equipment Identity (IMEI)*, que nada mais é do que um número de serie com 15 algarismos para identificação de equipamentos móveis. Por se tratar de aplicação *Android* é necessário solicitar as permissões para utilizar recursos do dispositivo, neste caso para capturar o *IMEI*, é utilizada a seguinte permissão:

READ_PHONE_STATE

Esta permissão possibilita a leitura do estado do telefone, podendo assim capturar algumas informações, entre elas o *IMEI*, a localização do dispositivo (LACHETA, 2012).

Após capturar o *IMEI* do dispositivo a aplicação solicita ao *driver GPS* do dispositivo a localização do mesmo, para a utilização do *GPS* é necessário solicitar a seguinte permissão:

ACCESS_FINE_LOCATION

Esta permissão habilita o programa escrito a capturar a posição do aparelho utilizando a tecnologia *GPS* (LACHETA, 2012).

Após a captura de sua posição, a aplicação abre uma conexão com o banco de dados no servidor, faz a inserção da posição e fecha a conexão, esta conexão é feita utilizando a tecnologia 3G e/ou *Edge*. Esta conexão com a *Internet* é liberada pela permissão:

INTERNET

Esta permissão possibilita aos aplicativos abrir *sockets* de rede, e assim usufruírem da *Internet* (LACHETA, 2012).

A figura 6 mostra o método *IniciarServico* que utiliza a classe *LocationManager*, essa classe fornece acesso aos serviços de localização do sistema, a localização é dada na forma de latitude e longitude e para que possamos capturar as notificações de mudança de posição, utiliza-se a classe *LocationListener*. Toda vez que a localização é alterada o método *Atualizar* é chamado.

```
public void IniciarServico()
{
    LocationManager locationManager = (LocationManager) getSystemService(Context.LOCATION_SERVICE);

    LocationListener locationListener = new LocationListener() {
        public void onLocationChanged(Location location) {
            Atualizar(location);
        }

        public void onStatusChanged(String provider, int status, Bundle extras) {}

        public void onProviderEnabled(String provider) {}

        public void onProviderDisabled(String provider) {}
    };

    locationManager.requestLocationUpdates(LocationManager.GPS_PROVIDER, 0, 0, locationListener);
}
```

Figura 13 - Trecho de Código para Localização do Dispositivo

A figura 7 mostra método Atualizar, toda vez que este método é chamado ele abre uma conexão com o banco de dados utilizando a classe DriverManager, com a conexão aberta, a variável sql recebe uma *string* contendo o comando a ser executado que é a chamada da função fnc_inserere_posicao, o comando executeUpdate executa essa comando, e depois a classe close fecha a conexão com o banco de dados.

```

public void Atualizar(Location location)
{
    Double latPoint = location.getLatitude();
    Double lngPoint = location.getLongitude();
    TelephonyManager telephonyManager = (TelephonyManager) getSystemService(Context.TELEPHONY_SERVICE);
    resultArea.setText(""+ latPoint.toString() + ", " + lngPoint.toString()+"");

    try {
        Class.forName("org.postgresql.Driver");
    } catch (ClassNotFoundException e) {
        e.printStackTrace();
    }

    String url = "jdbc:postgresql://189.103.224.251:5432/dbchacal?user=postgres&password=FELIPE%*()";
    Connection conn;
    try {
        DriverManager.setLoginTimeout(5);
        conn = DriverManager.getConnection(url);
        Statement st = conn.createStatement();
        String sql;

        sql = "SELECT fnc_inserere_posicao(" + telephonyManager.getDeviceId() + ", " + latPoint.toString() + ", " + lngPoint.toString() + ")";
        st.executeUpdate(sql);
        st.close();
        conn.close();
    } catch (SQLException e) {
        e.printStackTrace();
    }
}

```

Figura 14 - Classe Responsável pela Conexão com o Banco de Dados

A figura 8 mostra a função fnc_inserere_posicao, ela recebe os parâmetros número de *IMEI*, latitude e longitude. Após receber esses parâmetros ela seleciona uma nova sequencia, localiza qual empresa pertence esse dispositivo, qual o veículo e qual usuário e insere um registro com essas informações na tabela cad_posicao, com data e hora atual.

```

1  -- Function: fnc_inserir_posicao(numeric, text, text)
2
3  -- DROP FUNCTION fnc_inserir_posicao(numeric, text, text);
4
5  CREATE OR REPLACE FUNCTION fnc_inserir_posicao(var_imei numeric, var_latitude text, var_longitude text)
6  RETURNS text AS
7  $BODY$
8  DECLARE
9      var_sequencia integer;
10     var_empresa integer;
11     var_usuario integer;
12     var_veiculo integer;
13 BEGIN
14     var_sequencia := (SELECT nextval('seq_posicao'));
15     var_empresa := (SELECT empresa FROM cad_dispositivo WHERE nr_serie = var_imei);
16     var_usuario := (SELECT usuario FROM cad_dispositivo_x_usuario WHERE empresa = var_empresa AND dispositivo = var_imei);
17     var_veiculo := (SELECT veiculo FROM cad_dispositivo_x_veiculo WHERE empresa = var_empresa AND dispositivo = var_imei);
18
19     INSERT INTO cad_posicao(sequencia, empresa, dispositivo, usuario, veiculo, latitude,
20                          longitude, data, hora)
21     VALUES (var_sequencia , var_empresa, var_imei, var_usuario, var_veiculo, var_latitude, var_longitude, CURRENT_DATE, CURRENT_TIME);
22
23     RETURN 'OK';
24 END;
25 $BODY$
26 LANGUAGE plpgsql VOLATILE
27 COST 100;
28 ALTER FUNCTION fnc_inserir_posicao(numeric, text, text)
29 OWNER TO postgres;
30

```

Figura 15 - Função do Banco de Dados para inserção na tabela cad_posição

Descrição do desenvolvimento funcional aplicações *web*

A aplicação *WEB* é o responsável por inserir no banco de dados informações da empresa, dos dispositivos, dos veículos e usuários. Nesse módulo são feitas as consultas da posição ou localização dos dispositivos naquele momento, ou também, onde eles estiveram localizados em determinada data, dia e hora. É possível também, verificar a rota que estes dispositivos percorreram.

A aplicação *web* foi desenvolvida em linguagem *PHP* e, para a conexão com o banco de dados *PostgreSQL*, foi desenvolvida a classe *cPostgreDB*, que é a responsável por abrir uma conexão com o banco de dados, executar um comando, retornar uma resposta e encerrar esta conexão. A figura 9 exibe uma parte deste código.

```

function cPostgreDB($DB="dbchacal", $Host="189.103.224.251", $PgPort=5432, $User="postgres",
    $pass="FELIPE%)*()", $persist=0)
{
    $this->host=$Host;
    $this->dbname=$DB;
    $this->username=$User;
    $this->password=$pass;
    $this->port=$PgPort;
    $this->persistent=$persist;
    $this->Connect();
}

function Connect()
{
    $connect="host=".$this->host." port=".$this->port." dbname=".$this->dbname." user=".$this->username;
    if (!empty($this->password))
        $connect.=" password=".$this->password;
    if ($this->persistent)
        $this->dbconnect= pg_pconnect($connect);
    else
        $this->dbconnect= pg_connect($connect);
    if (!$this->dbconnect)
        $this->error="cannot connect to database ".$this->dbname;
}

function fechaConn()
{
    pg_close($this->dbconnect);
}

```

Figura 16 - Classe responsável pela conexão com PostgreSQL

Para iniciar a utilização do sistema *Chakal*, é necessário que o responsável pela empresa faça o cadastro no sistema. Feito isso ele também se cadastrou como usuário administrador desta empresa. Depois de feito este cadastro, este usuário pode começar a utilizar o sistema. Para acessar o sistema ele deve se autenticar na tela de *login* do sistema, como mostra a figurar 10.

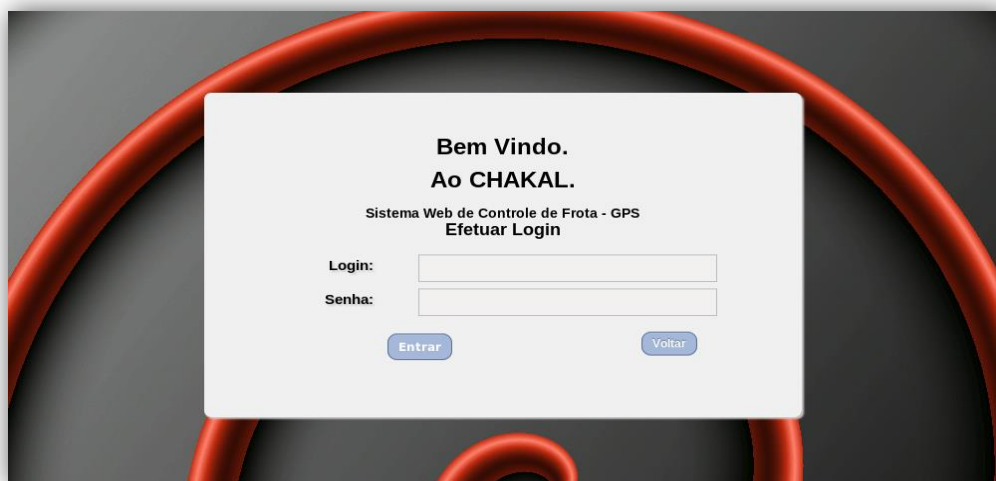


Figura 17- Tela de Login do Sistema

O sistema conta com o cadastro de dispositivos, usuário que no caso será um funcionário da empresa, ou seja, este usuário é um funcionário da empresa, conta também com o cadastro de veículos, cujos veículos pertencem à empresa.



Como todo o monitoramento é feito a partir de um dispositivo com o sistema *Android* instalado, é necessário relacionar o dispositivo com um usuário e/ou com um veículo como mostra a figura 11.



Figura 18 - Relacionamento de Dispositivos

A partir do momento em que o dispositivo começar a gravar sua localização, será possível localizar o dispositivo e lendo este relacionamento sabemos qual o veículo e qual o usuário que está utilizando este dispositivo e, a partir da latitude e longitude, o sistema exibe sua posição através de um mapa, neste caso, utilizando a *API* do *Google Maps*. Utilizando os seguintes comandos:

GOOGLE.MAPS.LATLNG

Esta classe recebe os valores de latitude e longitude que serão utilizados no mapa.

MYOPTIONS

Classe que tem a função de criar o controle sobre este mapa como “zoom” (nível de proximidade da superfície), “center”(localização do centro do mapa exibido) e “mapTypeId” (tipo de mapa exibido) entre outros parâmetros.

Os tipos de mapas que podem ser escolhidos são:



- ROADMAP exibe as blocos 2D normais, padrão, do *Google Maps*.
- SATELLITE exibe blocos fotográficos.
- HYBRID exibe uma mistura entre blocos fotográficos e uma camada de blocos com recursos importantes (estradas, nomes de cidade).
- TERRAIN exibe blocos de relevo físico para exibição de recursos de elevação e água (montanhas, rios etc.).

GOOGLE.MAPS.MAP

Esta é a classe responsável por criar o mapa, utilizando os parâmetros informados na opção “mapTypeId” na classe “myOptions”.

GOOGLE.MAPS.MARKER

Classe responsável por criar um marcador sobre o mapa exibido.

GOOGLE.MAPS.POLYLINE

Classe utilizada para criar polilinhas a partir de latitudes e longitudes, recebidas a partir da classe “google.maps.LatLng”, formando assim uma linha sobre o mapa (API, 2012).

A figura 12 mostra o trecho que cria o mapa e exibe a posição do dispositivo utilizando os comandos citados, criando um marcador no mapa. Nesta figura vemos que para capturar a posição do equipamento, é feito uma consulta no banco de dados através do objeto “retornaLocalização”, que retorna a latitude e longitude, passando os valores para a classe

“google.maps.LatLng”.

```
function initialize() {
    var latlng = new google.maps.LatLng(
    <?
    include_once('conexao.php');
    $dados = new cPostgreDB();

    $retDados = $dados->retornaLocalizacao($var_empresa, $var_dispositivo);

    while ($retorno = pg_fetch_array($retDados))
    {
        $var_posicao = $retorno['local'];
    }
    echo $var_posicao;
    ?>);

    var myOptions = {
        zoom: 15,
        center: latlng,
        mapTypeId: google.maps.MapTypeId.TERRAIN};

    var map = new google.maps.Map(document.getElementById("map_canvas"), myOptions);

    var marker = new google.maps.Marker({
        position: latlng,
        title:""});
    marker.setMap(map);
}
```

Figura 19- Código PHP exibindo a posição do dispositivo

TESTE FUNCIONAL

Resultado esperado

O objetivo deste trabalho é possibilitar de maneira eficaz o controle de uma frota de veículos de uma empresa, por tanto é esperado que o sistema proporcione aos responsáveis pela empresa um total controle sobre seus veículos.

A proposta deste projeto é o monitoramento em tempo real de uma frota de veículos, sobre a visualização na forma de mapa.

É proposto também por este projeto disponibilizar para os administradores da empresa, a possibilidade de consultar rotas realizadas por um veículo, e consultar onde o mesmo esteve em determinado dia e hora.

Cenário de teste

Os testes devem ser realizados, tendo um fluxo de dados de entrada, e seus resultados devem ser avaliados. Deste modo os resultados obtidos nos testes são comparados com os resultados esperados (PRESSMAN, 2005).



A entrada de dados deve obedecer duas primícias essenciais:

Minimize o número de ações de entrada exigidas do usuário, facilitando os processos de entrada de dados.

Mantenha a consistência entre a exibição das informações e entrada de dados, garantindo que o dado informado pelo usuário seja cadastrado no banco de dados (PRESSMAN, 2005).

O cenário proposto para o teste deste projeto é a criação de uma empresa fictícia dentro do sistema, após este processo o próximo passo é o cadastro de alguns usuários e em seguida cadastrar alguns veículos e os dispositivos. Com os cadastros realizados deve-se cadastrar o relacionamento dos dispositivos com os usuários e com os veículos.

Neste ponto deve ser feita uma verificação nas informações cadastradas no banco de dados, validando e verificando se realmente são as informações inseridas pelo usuário para garantir a integridade dos dados e a confiabilidade do sistema (GUERRA, 2009).

Neste momento é preciso que a aplicação mobile seja executada, e que os veículos se movimentem pelas ruas, a fim de verificarmos se o dispositivo está transmitindo sua localização para o sistema e se esta informação é realmente sua localização.

Os sistemas que trabalham em tempo real geram certa ação em resposta a eventos externos. Para cumprir essa função, o sistema deve realizar o controle e aquisição de dados em alta velocidade sob severas restrições de tempo e confiabilidade (PRESSMAN, 2005).

É necessário verificar se a posição exibida pelo sistema é a posição em tempo real de cada dispositivo e se as rotas traçadas pelo sistema são as rotas percorridas pelos dispositivos.

As informações apresentadas ao usuário devem ser completas, legíveis, satisfazendo as necessidades do usuário. As informações exibidas devem ser relevantes ao contexto atual e de fácil interpretação (PRESSMAN, 2005).

Para avaliação do sistema desenvolvido neste projeto, o teste contará com o cadastro de 5 empresas, onde para cada uma dessas empresas será cadastrado 1 administrador, 4 usuários, 4 veículos e 4 dispositivos. Com esses cadastros realizados será necessários relacionar cada dispositivo com 1 usuário e 1 veículo.

Neste momento será avaliado como o sistema trata a divisão de empresas, onde um administrador de uma empresa não pode ter acesso a informações de outra empresa.

Para esta avaliação 4 veículos de uma empresa deverão sair ao mesmo tempo e se movimentar pela cidade, a cidade onde os testes foram realizados é a cidade de Jundiaí no estado de São Paulo.

Resultados obtidos

No teste realizado foi possível cadastrar as empresas no sistema, com seus administradores, usuários, dispositivos e veículos. Também foi efetuado o relacionamento entre esses cadastros.

O sistema tratou corretamente a divisão entre empresas, ou seja, cada administrador só conseguiu ver informações referentes à sua empresa, e não conseguiu ver informações de outras empresas.

O *software* desenvolvido e instalado no dispositivo com *Android* realizou sua tarefa corretamente, incluindo as informações de latitude e longitude corretamente no banco de dados, sendo transmitido a localização na média de 3 registros por segundo.

A aplicação que exibe em tempo real a localização de cada dispositivo exibiu corretamente a posição, como mostra a figura 13.

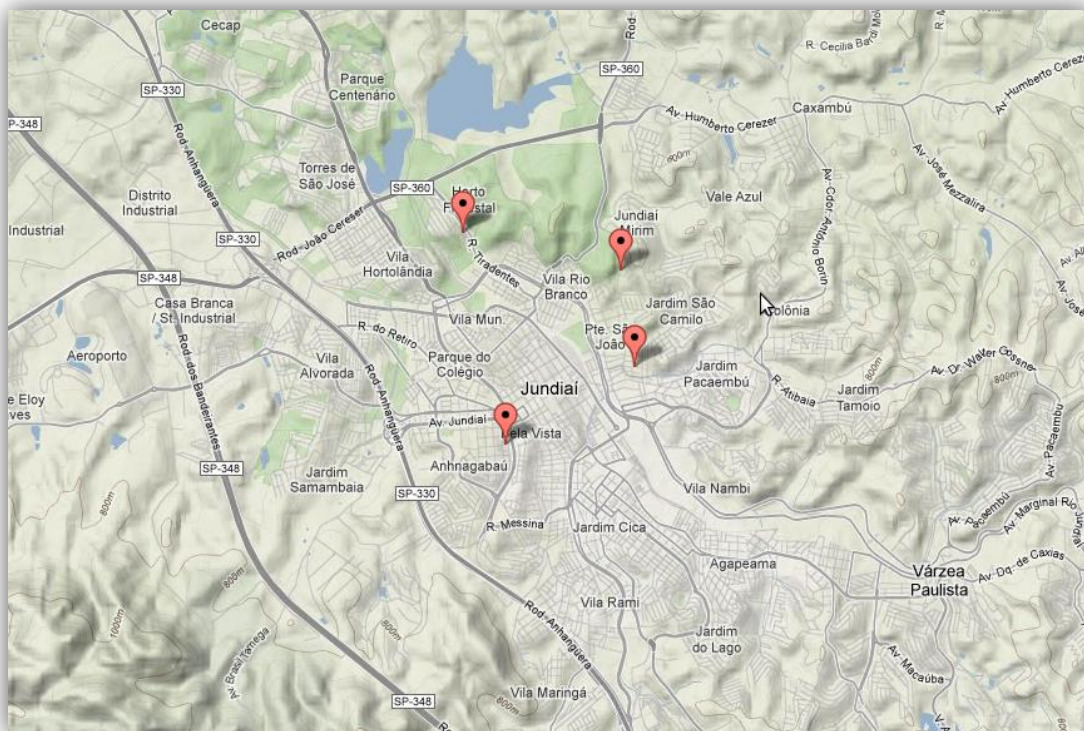


Figura 20 Localização atual dos dispositivos.



O sistema também exibiu de maneira correta as rotas percorridas por cada dispositivo. Foi possível ver a rota de cada dispositivo em um determinado período, ou a rota percorrida por vários dispositivos em um determinado período, como exibido na figura 13.

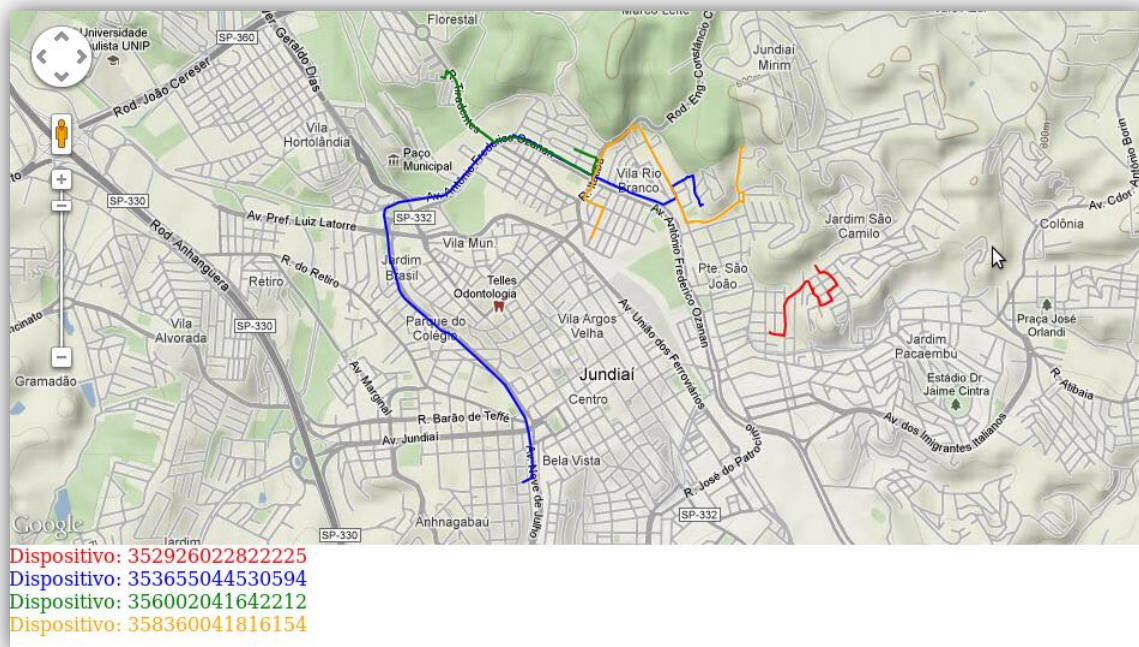


Figura 21- Rota realizada pelos dispositivos

Ao realizar os testes foi constatado que é possível monitorar não somente os veículos como também os funcionários, isso devido ao rastreamento ser feito a partir do dispositivo e o mesmo pode ser relacionado com um veículo e com um funcionário, sendo obrigatório ser relacionado com pelo menos um dos dois e não com os dois ao mesmo tempo.

CONCLUSÃO

Com base nos estudos feitos para o desenvolvimento deste projeto, concluí-se que nos dias de hoje está cada vez mais difícil manter o controle sobre os veículos de uma empresa, tornando assim necessário o auxílio de ferramentas para controlar os veículos pertencentes a uma empresa.

Com base nas informações levantadas no decorrer deste projeto, conclui-se que o sistema *web* desenvolvido neste projeto, utilizando as ferramentas e tecnologias entre elas o *GPS* e dispositivos com sistema *Android*, possibilita ao administrador de uma empresa controlar sua frota de veículo em tempo real, obtendo a informação de onde estão seus veículos, proporcionando a tomada de decisão do administrador mais rápida e baseada em informações reais. Além de possibilitar a consulta em tempo real da localização de um veículo, é possível



consultar as rotas percorridas pelos mesmos, sabendo em quais locais cada veículo passou, e quando foi à chegada dele em determinado ponto.

O protótipo desenvolvido neste projeto destaca-se pela inserção direta de informação no banco de dados pelo dispositivo *Android*, deste modo à inserção e visualização da informação torna-se mais rápida e precisa quanto à visualização em tempo real. Outro ganho deste projeto é o desenvolvimento do sistema sobre a plataforma *PHP*, por se tratar de uma linguagem *WEB*, possibilita ao administrador visualizar as informações de sua frota de qualquer local onde ele estiver. E como o dispositivo utilizado neste projeto utiliza o sistema *Android*, também é possível que o administrador visualize as informações pelo próprio dispositivo.

Após os testes realizados concluímos que o sistema proposto neste trabalho atende as necessidades das empresas nos dias de hoje. Os testes mostraram que se pode ter várias empresas utilizando a mesma base de dados, pois o sistema consegue separar as informações por meio do código de cada empresa, sem exibir informações erradas. Foi verificado que a aplicação *mobile* fez seu papel corretamente, inserindo sua localização corretamente na base de dados. E enquanto o dispositivo se movia pela cidade o sistema exibia corretamente sua posição atual. Outro ponto interessante que foi constatado com base nos teste é que é possível fazer o rastreamento não somente de um veículo, mas também de um usuário, pois o relacionamento entre dispositivo, veículo e usuário, não é obrigatório o relacionamento entre os três, e sim apenas relacionar o dispositivo com pelo menos um entre os dois, veículo ou usuário.

Com o término deste projeto pretende-se buscar parceria com empresas para a implantação deste sistema e continuar com o desenvolvimento do mesmo, agregando funcionalidades como possibilitar ao administrador a inclusão e alteração dos cadastros via *smartphones*. Após o termino pretende-se também desenvolver um módulo do sistema para *tablets*, tendo a funcionalidade de enviar a posição assim como é feito hoje nos celulares (dispositivos), mas agregando a ele a funcionalidade de navegador *GPS*, com opções de informação ao administrador de algumas situações que o mesmo possa estar passando como um assalto, problema com os veículos, e outras situações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDROID. Disponível em < http://www.cesar.org.br/site/files/file/WM18_Android.pdf/>, acesso em 25/08/2012.



API. Disponível em < <https://developers.google.com/maps/?hl=pt-br/>>, acesso em 03/11/2012.

AUTOTRAC. Disponível em <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Autotrac/>>, acesso em 28/03/2012.

GUERRA Ana Cervigni; **COLOMBO** Regina Maria Thienne S. *Tecnologia da Informação: Qualidade de Produto de Software*. Brasília: PBQP Software, 2009. 429 p.

JAVA. Disponível em < http://www.java.com/pt_BR/about/>, acesso em 25/08/2012.

LACHETA, Ricardo R. *Google Android*. 2ª Edição. São Paulo: Novatec, 2010. 608p.

LANGENDOLFF, A.; **PELLEGRINI**, G. Fundamentos de cartografia e o sistema de posicionamento global - GPS, Santa Maria, p. 30-34, 2008.

MAPS. Disponível em < <https://developers.google.com/maps/?hl=pt-br/>>, acesso em 28/10/2012.

PHP. Disponível em <<http://pt.wikipedia.org/wiki/PHP#Visibilid/>>, acesso em 25/08/2012.

POSTGRESQL. Disponível em < <http://www.postgresql.org.br/sobre/>>, acesso em 25/08/2012.

PRESSMAN Roger S. *Software Engineering: A Practitioner's Approach*. 6ª Edição. New York: Mc Graw Hill, 2005. 880 p.

SEGANTINE, Paulo Cesar Lima. *GPS – Sistema de Posicionamento Global*. São Carlos: EESC/USP, 2005. 364p.

SILVA Alberto Manuel Rodrigues; **VIDEIRA** Carlos Alberto Escaleira. *UML Metodologias e Ferramentas CASE*. Porto: Centro Atlântico, 2001. 552 p.

UBUNTU. Disponível em < <http://www.ubuntu-br.org/ubuntu/>>, acesso em 02/09/2012.