

### Apresentação do volume 3

No primeiro artigo, “**Desenvolvimento de metodologia verde para determinação de glifosato em amostras ambientais de água via injeção direta no sistema “hplc/uv”**”, os autores: **Bruno Molero da Silva, Maria Olímpia Oliveira Rezende e Maria Diva Landgraf**; propõem desenvolvem uma metodologia adequada para a determinação do glifosato, n-(fosfonometil) glicina em amostras de água utilizando a técnica de cromatografia líquida de alta eficiência ou “hplc”; eliminando as etapas de extração e clean-up. além disso, o método proposto demonstrou ser seletivo, com boa linearidade, reprodutibilidade e robustez.

O segundo artigo “**Removedor de esmalte com essência de flores**”, os autores: **Bruno dos Santos Arias, Erivelto Heliton Bolonhese, Gilberto de Souza, Marcel de Carvalho e Verônica Cristina Gomes Soares**; estudam o desenvolvimento de uma formulação de removedor de esmalte para unhas, à base de solvente orgânico e óleos essenciais de jasmim ou lavanda, aferem a eficácia da formulação pelo teste de remoção em superfície de vidro e avaliam a toxicidade pelo teste desafio em bactérias.

**Eduardo Calgaro Godinho de Amorim e Mario Mollo Neto** reportam o desenvolvimento de um equipamento portátil, microprocessado, que permita a realização de medições de superfícies coloridas e apresente a composição rgb (*red, green and blue*) da cor medida numa interface amigável, fornecendo informações confiáveis para o processo de tomada de decisão dentro de estruturas e sistemas que demandem a correta identificação de cores em processos produtivos, no artigo “**Desenvolvimento de sensor microprocessado de baixo custo para análise de cores em processos produtivos**”

“**Testabilidade de software: visão geral**” é uma artigo que apresenta os conceitos relacionados à testabilidade de *software*. As características desejáveis para se obter testabilidade são: controlabilidade, observabilidade, disponibilidade, simplicidade, estabilidade e informação. **César Tegani Tofanini e Fábio Vieira Teixeira** apresentam o conceito de testabilidade de domínio, através das extensões de observabilidade e controlabilidade, assim como, o conceito de testabilidade como probabilidade de se revelar defeitos, que tem como base a idéia da perda de informação. Medidas para avaliar e aumentar o grau de testabilidade são discutidas por meio de exemplos práticos que podem ser aplicados no processo de desenvolvimento de um *software*.

O artigo “**Business Intelligence – a transformação em informações e apresentação gráfica de dados de vendas de uma empresa**” escrito por **Clifor Travaini e Carlos Eduardo Camara** tem como objetivo principal desenvolver um protótipo de um sistema de *business intelligence* com o intuito de demonstrar um estudo sobre uma metodologia capaz de transformar dados do departamento de vendas de uma empresa em informações para auxiliar os gestores através da geração de relatórios e visões gráficas, para antecipar e facilitar a tomada de decisões. Os relatórios e gráficos serão desenvolvidos para plataforma *web*, um requisito imprescindível hoje em dia, uma vez que as informações devem estar disponíveis para acesso independente de uma localização fixa de quem tomará decisões, o que torna um diferencial positivo para o sistema.

## SUMÁRIO

### **DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA VERDE PARA DETERMINAÇÃO DE GLIFOSATO EM AMOSTRAS AMBIENTAIS DE ÁGUA VIA INJEÇÃO DIRETA NO SISTEMA “HPLC/UV”**

*Bruno Moleiro da Silva; Maria Olímpia Oliveira Rezende; Maria Diva Langrafi.....1*

### **REMOVEDOR DE ESMALTE COM ESSÊNCIA DE FLORES**

*Bruno dos Santos Ária; Erivelto Heliton Bolonhese; Gilberto de Souza; Marcel de Carvalho; Verônica Cristina Gomes Soares.....16*

### **DESENVOLVIMENTO DE SENSOR MICROPROCESSADO DE BAIXO CUSTO PARA ANÁLISE DE CORES EM PROCESSOS PRODUTIVOS**

*Eduardo Calgaro Godinho de Amorim; Mário Mollo Netto.....29*

### **TESTABILIDADE DE SOFTWARE**

*César Tegani Tofaninil; Fábio Vieira Teixeira.....50*

### **BUSSINESS INTELLIGENCE – A TRANSFORMAÇÃO EM INFORMAÇÕES E APRESENTAÇÃO GRÁFICA DE DADOS DE VENDAS DE UMA EMPRESA**

*Clifor Travaini; Carlos Eduardo Camara.....70*

## DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA VERDE PARA DETERMINAÇÃO DE GLIFOSATO EM AMOSTRAS AMBIENTAIS DE ÁGUA VIA INJEÇÃO DIRETA NO SISTEMA “HPLC/UV”

Bruno Molero da Silva<sup>1</sup>, Maria Olímpia Oliveira Rezende<sup>2</sup>, Maria Diva Landgraf<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Professor no curso de Engenharia Química do Centro Universitário Padre Anchieta.

<sup>2</sup>Professora da Universidade de São Paulo- IQSC- USP. Instituto de Química de São Carlos.

<sup>3</sup>Química responsável do grupo de Química Ambiental- IQSC- USP. Instituto de Química de São Carlos.

### Resumo

Glifosato, N-(fosfonometil) glicina, é um herbicida sistêmico pós-emergente e com grande eficiência na remoção de ervas daninhas, com baixo custo, que é refletida em sua ampla aplicação. Há evidências de efeitos deletérios sobre o meio ambiente após seu uso prolongado. Portanto, o objetivo deste estudo foi desenvolver uma metodologia adequada para a determinação de glifosato em amostras de água utilizando a técnica de cromatografia líquida de alta eficiência ou “HPLC”; termo usado em inglês. O método proposto descreve uma alternativa eficiente para a determinação de glifosato em amostras de água, eliminando as etapas de extração e clean-up. Além disso, o método proposto demonstrou ser seletivo, com boa linearidade, reprodutibilidade e robustez.

**Palavras-chave:** injeção direta, amostras ambientais de água, “HPLC/UV”

### Abstract

Glyphosate, N-(phosphonomethyl)glycine, is a systemic herbicide and post-emergent with great efficiency in the removal of weeds, featuring low cost, which is reflected on its wide application. There is evidence of deleterious effects on the environment after its prolonged use. Therefore, the aim of this study was to develop an adequate methodology for the determination of glyphosate in water samples using the technique of “HPLC”. The proposed method describes an efficient alternative for the determination of glyphosate in water samples by eliminating the steps of extraction and clean-up. Moreover, the proposed method proved to be selective, with good linearity, repeatability and robustness.

**Key words:** direct injection, water environmental samples, “HPLC/UV”

## Introdução

O glifosato, N-(fosfonometil)-glicina, (GLI), é um herbicida não seletivo, sistêmico, pós-emergente com grande eficiência na eliminação de plantas invasoras, apresentando baixa toxicidade aos que o manipulam. De modo geral, apenas as plantas geneticamente alteradas, com alta resistência, apresentam seletividade ao GLI, que atualmente é o herbicida mais utilizado no mundo, representando cerca de 60 % do total de herbicidas não seletivos comercializados (ABREU, et al., 2008).

O GLI é classificado como uma glicina substituída de caráter polar que possui fórmula molecular  $C_3H_8NO_5P$  ( $MM = 169,1 \text{ g mol}^{-1}$ ) e, na forma de sal de isopropilamônio, apresenta-se com a adição do grupo  $(CH_3)_2CHNH_3^+$  ( $MM = 228,2 \text{ g mol}^{-1}$ ). Nas condições ambientes, tanto o glifosato, quanto seus sais são sólidos cristalinos muito solúveis em água e quase insolúveis em solventes orgânicos (TONI, et al., 2006).

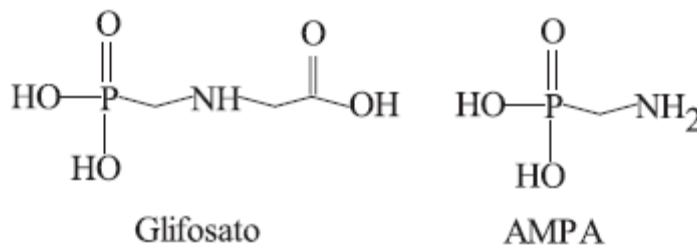
O modo primário de ação do GLI é a inibição competitiva da 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase, que interfere na produção de aminoácidos e outros compostos aromáticos em plantas, as quais, quando tratadas com aquele herbicida, não conseguem produzir os aminoácidos necessários para sua sobrevivência (SOUZA, et al., 2006)

O GLI apresenta relativamente baixo custo e excelente eficiência agrônômica; o que implica na grande aplicação desse herbicida. Quando aplicado no solo, parte desse herbicida pode ser lixiviado e, assim, atingir ambientes aquáticos.

O GLI também pode atingir os corpos d'água por aplicação direta, quando do combate a plantas invasoras aquáticas.

Assim, os cuidados relacionados à possibilidade de contaminação do ambiente com esta molécula devem ser estudados cautelosamente porque já há evidência de efeitos deletérios no ambiente após seu uso prolongado, já que sua formulação mais comercializada no país possui um surfactante com ação irritante dermatológica (TEÓFILO, 2003).

O ácido aminometilfosfônico (AMPA) é o seu principal produto de degradação (Figura 1).



**Figura 1:** Estrutura química da molécula de glifosato: N-(fosfonometil)-glicina e do ácido aminometilfosfônico (AMPA); (AMARANTE JUNIOR, et al., 2002 A).

Embora tenha baixa toxicidade, sua  $DL_{50}$  é de  $8300 \text{ mg kg}^{-1}$ , é muito mais persistente que o GLI. No ambiente, a presença de AMPA é um indicativo da aplicação de GLI. Portanto, torna-se necessário o desenvolvimento de métodos de extração e de determinação para sua correta quantificação.

Dentre os métodos de determinação e quantificação de GLI encontrados na literatura, a determinação por cromatografia líquida é a mais empregada, sendo os detectores mais utilizados para esse tipo de análise os de UV, fluorescência, colorimetria e por espectrometria de massas.

Além da cromatografia líquida, o GLI pode ser determinado por cromatografia gasosa. Para essa técnica cromatográfica, faz-se necessária a etapa preliminar de derivatização da molécula de GLI.

Apesar do glifosato não ser persistente, o conhecimento detalhado sobre a sua biodegradação em solos brasileiros é relativamente pequeno. Além disso, o aparecimento da soja transgênica, resistente ao glifosato, tem aumentado a preocupação ambiental devido, principalmente, à maior dosagem na aplicação do herbicida nos campos cultivados (ARAÚJO, 2002).

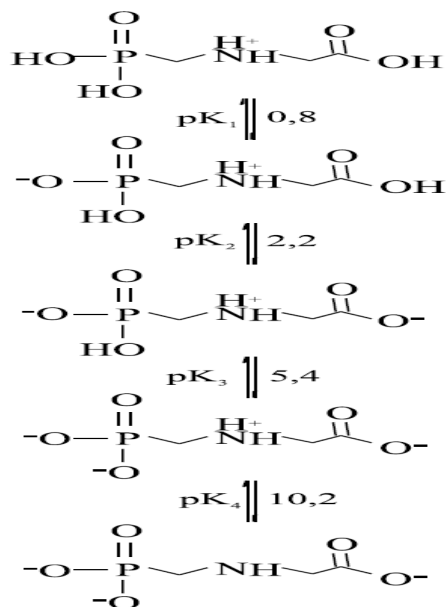
Em paralelo às técnicas cromatográficas, existem outras técnicas que vêm sendo desenvolvidas tais como: Ressonância Magnética Nuclear de P-31 (RMN 31P), Espectrofotometria, Polarografia e Eletroforese Capilar. Tais técnicas, ainda pouco utilizadas, foram descritas por Amarante Júnior e colaboradores (AMARANTE JUNIOR, et al., 2002 A).

A determinação de GLI por cromatografia necessita de adaptações que permitam sua detecção. Tais adaptações incluem basicamente reações de derivatização ou alteração de alguma propriedade física que possa ser relacionada à quantidade de GLI na amostra. Alguns

métodos utilizados, no entanto, apresentam o inconveniente do grande volume de descarte de solvente, que além do elevado custo, ainda causa problemas ao meio ambiente. Alguns destes solventes como triclorometano, diclorometano e hipoclorito de aminas em hexano foram utilizados na fase de extração demonstrados por Amarante Junior e colaboradores num trabalho de revisão publicado em 2002.

Devido a sua elevada polaridade e baixa volatilidade, o herbicida GLI pode ser determinado por cromatografia líquida de alta eficiência. Alguns autores consideram esse tipo de análise inapropriada, já que o herbicida não possui agentes cromóforos em sua molécula, tornando-se necessário, portanto, o uso de reações de derivatização, geralmente em pós-coluna. A literatura reporta um método robusto e sensível por “HPLC” (Cromatografia Líquida de Alta Eficiência) para determinação de glifosato em águas e em plantas usando uma derivatização pós-coluna (CORRÊA; ZUIN, 2009).

O glifosato possui um comportamento zwitteriônico que pode ser visto na Figura 2.



**Figura 2:** Dissociação do glifosato de acordo com seu comportamento zwitteriônico (AMARANTE JUNIOR et al., 2002 B).

Os valores de pK encontrados na literatura para o glifosato são:  $\text{pK}_1 = 0,8$ ;  $\text{pK}_2 = 2,16$ ;  $\text{pK}_3 = 5,46$ ;  $\text{pK}_4 = 10,14$  (AMARANTE JUNIOR et al., 2002 B).

É possível a utilização do sistema “HPLC”/UV para determinação de GLI em águas sem uma etapa prévia de derivatização da molécula. A etapa de derivatização aumenta a demanda de tempo e reagentes, aumentando, conseqüentemente, o custo das análises.

A minimização do uso de solventes, com redução da geração de resíduos condiz com os conceitos da Química Verde. Essa filosofia visa à criação, ao desenvolvimento e à aplicação de produtos e processos químicos para reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias nocivas à saúde humana e ao ambiente. Os doze princípios da Química Verde podem ser sintetizados por: (1) prevenção; (2) economia de átomos; (3) reações com compostos de menor toxicidade; (4) desenvolvimento de compostos seguros; (5) diminuição do uso de solventes e auxiliares; (6) eficiência energética; (7) uso de substâncias renováveis; (8) evitar a formação de derivados; (9) catálise; (10) desenvolvimento de compostos degradáveis; (11) análise em tempo real para prevenção da poluição; (12) química segura para prevenção de acidentes (CORRÊA; ZUIN, 2009).

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi desenvolver uma metodologia analítica verde, que fosse ambientalmente correta, para determinação de GLI em amostras ambientais de água, de maneira simples e robusta, eliminando as etapas de extração e “clean-up” através da injeção direta das amostras em “HPLC”. A metodologia aqui proposta apresentou um bom limite de detecção e quantificação, tornando desnecessária uma prévia derivatização específica.

## **Parte Experimental**

O padrão GLI, N-(fosfonometil) glicina (99,7%) foi adquirido da Sigma-Aldrich, Catálogo: 45521, lote: 8014X, validade: 14/10/2015.

Foi preparada uma solução padrão estoque de 100 mg L<sup>-1</sup> de glifosato em água purificada pelo sistema milli-Q. A partir dessa solução estoque foram feitas as devidas diluições para 500 µg L<sup>-1</sup>, 300 µg L<sup>-1</sup>, 150 µg L<sup>-1</sup>, 75 µg L<sup>-1</sup> e 50 µg L<sup>-1</sup>.

As amostras de água foram coletadas no Rio Monjolinho, Ribeirão do Feijão e Jacaré Guaçu na cidade de São Carlos - SP. É importante enfatizar a presença de interferentes na amostra em decorrência da contaminação do rio com descarte de esgoto.

No momento da coleta, foram determinados os parâmetros físico-químicos da água tais como: pH, temperatura, cor e turbidez por meio do uso de pHmetro, termômetro e turbidímetro.

Na Tabela 1, são apresentados os valores dos parâmetros físico-químicos das amostras de água.

**Tabela 1:** Valores dos parâmetros físico-químicos da amostra de água do Ribeirão do Feijão (pontos de 1 a 6) e do Rio Jacaré-Guaçu (pontos 7 a 9).

Pontos de amostragem	Carbono Total (mg L <sup>-1</sup> )	pH	Temperatura (°C)	Cor (uH)	Turbidez (NTU)
1	12,24	6,53	15	161	20,4
2	10,13	6,13	14	108	8,09
3	20,36	5,81	15	130	9,71
4	12,35	6,33	15	179	16,5
5	11,23	6,34	16	147	13,5
6	15,44	5,98	17	139	19,2
7	17,20	6,72	16	142	16,3
8	17,17	6,91	17	173	19,4
9	22,81	5,84	15	151	9,07

### Amostragem e preparo de amostras

As amostras de água foram coletadas em frascos âmbar de 1 L, transportadas em caixas de isopor com gelo até sua chegada ao laboratório onde foram armazenadas em geladeira a 4 °C. Foram filtradas em papel de filtro comum e acidificadas com ácido fosfórico 85% até pH 2,0. As determinações ocorreram em até 5 dias após as coletas. A seguir, as amostras foram filtradas novamente, agora em filtro de seringa, com membrana de 0,45 µm.



### **Condições cromatográficas**

As amostras de água, preparadas conforme descrito no item anterior, foram injetadas diretamente no “HPLC” sem a etapa de extração e “clean-up”.

Para a construção das curvas analíticas, utilizou-se o método de padronização externa em ordem crescente de concentração de solução de GLI:  $50 \mu\text{g L}^{-1}$ ,  $75 \mu\text{g L}^{-1}$ ,  $150 \mu\text{g L}^{-1}$ ,  $300 \mu\text{g L}^{-1}$  e  $500 \mu\text{g L}^{-1}$ , respectivamente.

Cada amostra foi injetada 5 vezes, obtendo-se assim um desvio padrão desejável das injeções.

### **Equipamento**

As determinações foram realizadas em um “HPLC” modelo LC-10AVP equipado com detector de UV-Vis SPD-10VP da Shimadzu.

A fase móvel utilizada foi um tampão preparado usando 0,68 g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  com adição de  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (85%) até  $\text{pH}=2$ , completando o volume para um litro de água ultra-purificada (Milli-Q) em sistema isocrático de eluição com uma vazão de  $2,3 \text{ mL min}^{-1}$ .

Devido a sua alta polaridade e por não ser uma molécula volátil, GLI foi determinado por “HPLC” com coluna de troca aniônica, Partisil 10 SAX com 25 cm de comprimento por 4,6 mm de diâmetro interno.

A temperatura da coluna foi mantida a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  e o comprimento de onda de detecção em 195 nm. O volume de injeção permaneceu constante em  $20 \mu\text{L}$ .

### **Resultados e Discussão**

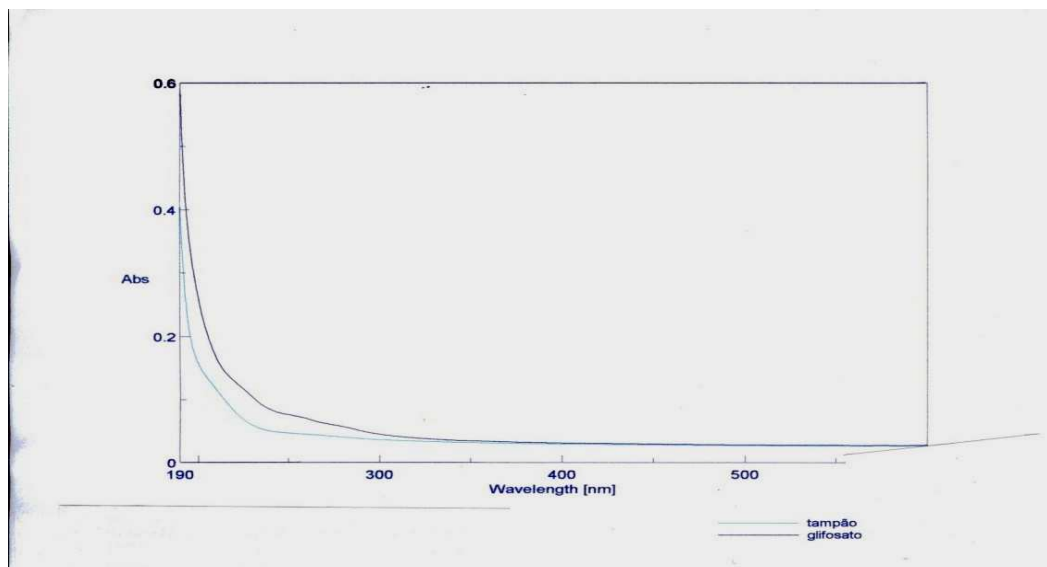
Devido a sua alta polaridade e por não ser uma molécula volátil, o GLI é analisado pelo método proposto em Cromatografia Líquida de Alta Eficiência com detecção de UV-visível, “HPLC”-UV-Vis. Alguns autores consideram esse tipo de análise inapropriada, já que o herbicida não possui agentes cromóforos em sua molécula, tornando-se necessário, portanto, o uso de reações de derivatização, geralmente em pós-coluna. No entanto, a detecção por UV-vis pode ser eficiente com o uso de uma coluna de troca iônica, já que a molécula do glifosato apresenta 4 grupos ionizáveis que podem estar na forma protonada ou dissociada de acordo

com valor do pH do meio. Tal fato já foi demonstrado por Audino e colaboradores (1983) que desenvolveram uma metodologia por “HPLC” com coluna de troca aniônica e fase móvel composta por água e metanol (96+4) usando  $0,0062 \text{ mol L}^{-1}$  de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  e pH ajustado para 1,9 com  $\text{H}_3\text{PO}_4$  85% e a detecção com comprimento de onda fixo em 195 nm com detector de UV (AUDINO, et al., 1983).

Um método por cromatografia líquida para a determinação de glifosato foi testado por 28 laboratórios. As amostras foram dissolvidas na mesma fase móvel anteriormente descrita, mas sem o uso do ácido fosfórico até pH= 1,9 (MORLIER; TOMKINS, 1997).

Assim, é possível a utilização do sistema “HPLC”/UV para análise de glifosato em águas tornando-se desnecessário uma prévia derivatização da molécula, que gera problemas em demanda de tempo e alto custo em análises.

Para escolha do melhor comprimento de onda de absorção do analito, registrou-se o espectro de uma solução padrão aquosa de glifosato  $500 \mu\text{g L}^{-1}$  diluída em água, em um espectrofotômetro UV-Vis-JASCO V-630. A Figura 3 apresenta esse espectro.



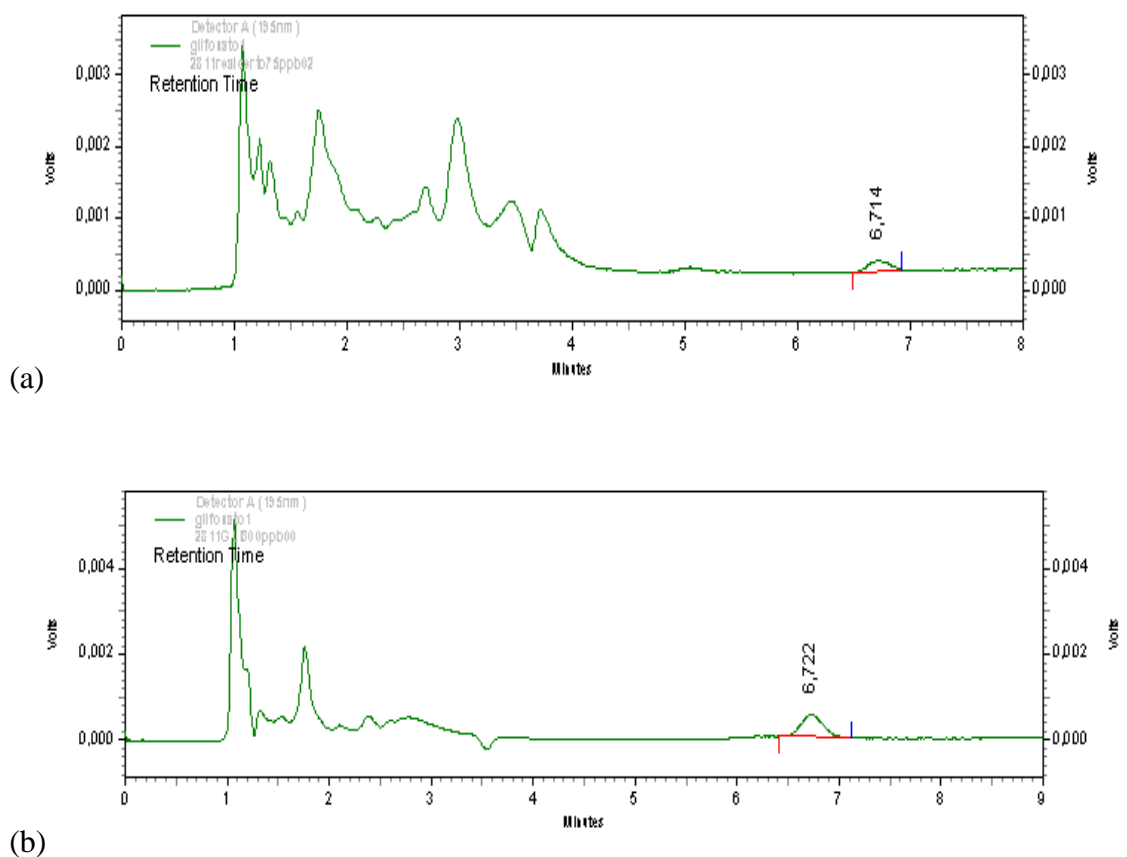
**Figura 3:** Espectro de absorção de luz UV/Vis para o glifosato em estudo ( $500 \mu\text{g L}^{-1}$ ).

Além das vantagens já apontadas pelo método aqui proposto, é importante enfatizar que a fase móvel utilizada no sistema cromatográfico é uma solução aquosa que não oferece efeitos deletérios ao ambiente. Esse fator deve ser levado em consideração, já que evitamos o uso de solventes orgânicos que além do inconveniente do descarte são geralmente tóxicos e causam problemas ambientais.

### Avaliação do método

A seletividade do método foi avaliada pela adição da substância padrão à matriz, nesse caso água. Nenhum interferente eluiu no mesmo tempo de retenção do glifosato.

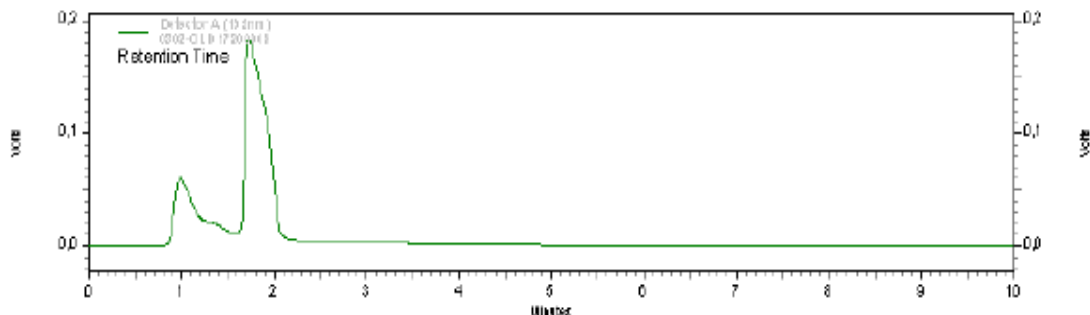
A determinação cromatográfica por “HPLC”/UV apresentou boa seletividade, como pode ser observado na Figura 4.



**Figura 4:** Cromatograma da amostra de água do Rio Monjolinho fortificada com  $75 \mu\text{g L}^{-1}$  de GLI (a) e da solução padrão (b).

Vale salientar que na Figura 4a é apresentado um cromatograma de uma amostra real do Rio Monjolinho.

No branco do método, não foi identificado nenhum pico interferente proveniente da fase móvel, ou das amostras de água que podem coeluir com o composto de interesse. Na figura 5 apresenta-se o cromatograma do branco.



**Figura 5:** Cromatograma do branco de um amostra de água.

O método utilizado apresentou-se linear com coeficientes de correlação significativos dentro da faixa de concentração de 50 a 500  $\mu\text{g L}^{-1}$ .

Os coeficientes de correlação ( $r$ ) e determinação ( $r^2$ ) calculados para esta curva foram:  $r = 0,9982835$  e  $r^2 = 0,99657$ , respectivamente.

Os valores de LD e LQ, relativos ao equipamento nas condições analíticas utilizadas, foram 3,3 e 10  $\mu\text{g L}^{-1}$ , respectivamente (IUPAC, 1998). Já os valores de LD e LQ, relativos ao método foram, respectivamente, de 9,93 e 30,1  $\mu\text{g L}^{-1}$ . Isso indica que o método está adequado para detectar e quantificar o herbicida em baixos níveis de concentração, mesmo em concentrações abaixo do valor máximo permitido para GLI em água potável, que é 500  $\mu\text{g L}^{-1}$  e em águas naturais de classe 1 e classe 3, que é de 65  $\mu\text{g L}^{-1}$  e 280  $\mu\text{g L}^{-1}$ , respectivamente (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004) ; (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2005).

A recuperação variou de 84 a 95 % para o GLI, sendo considerados resultados excelentes, visto que se encontram na faixa de recuperação, entre 70-120%, aceita pela EPA (2008). O método apresentou boas recuperações, mesmo com a amostra de água real apresentando interferentes como mostrado na Figura 4.

Além disso, observa-se pela Tabela 2 que o método empregado possui boa precisão, já que o coeficiente de variação percentual (C.V.) é inferior a 20 % em todos os níveis de fortificação.

**Tabela 2:** Eficiência da recuperação obtida para GLI

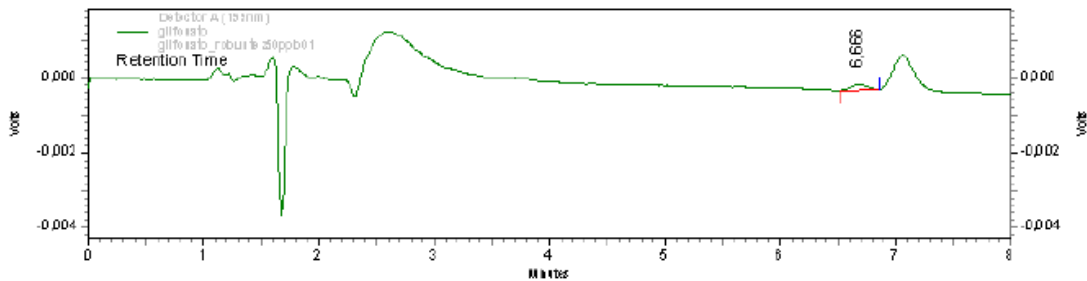
Nível de Fortificação ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	Recuperação (%)	C.V. (%)
50	86,0	18,6
300	103,66	4,18
500	114,8	2,43

A recuperação dos níveis de fortificação foi calculada por comparação a partir da injeção em triplicata da solução padrão diluída em água de  $500 \mu\text{g L}^{-1}$  de glifosato. Outras soluções padrão preparadas com a mesma solução estoque diluída em água nas concentrações de 50, 300 e  $500 \mu\text{g L}^{-1}$  de glifosato foram determinados por “HPLC”/UV. Seus valores de área foram comparados com os valores de área da solução estoque para o cálculo da recuperação.

De acordo com o INMETRO, a robustez de um método mede a sensibilidade que este apresenta frente a pequenas variações. Em “HPLC”, a robustez pode ser avaliada, por exemplo, variando-se o conteúdo de um solvente orgânico. Neste caso, para a avaliação da robustez, utilizou-se metanol na fase móvel em  $\pm 2\%$ , o pH da fase móvel em 0,1 unidades de pH, a temperatura da coluna em  $\pm 5^{\circ}\text{C}$  e o comprimento de onda de detecção em  $\pm 2\%$ . Se estas mudanças estiverem dentro dos limites de exatidão, precisão e seletividade aceitáveis, então o método possui robustez (RIBANI, et al, 2004).

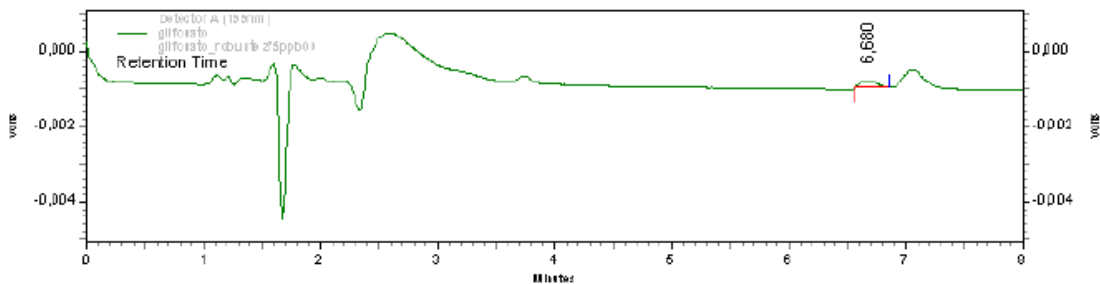
Para tanto, foram realizados testes com a adição de metanol até 20 mL no preparo de uma solução tampão fosfato de 1 L. O pH foi alterado em ordem crescente de 1,9 até 2,1. A temperatura da coluna foi modificada progressivamente de  $20^{\circ}\text{C}$  a  $30^{\circ}\text{C}$  e o comprimento de onda de detecção manteve-se fixo em 191 nm e depois em 199 nm. As modificações dos parâmetros estudados em cromatografia foram avaliadas sob condições variadas, tais como mudança de operador e análises em dias diferentes. Mesmo com estas alterações, os resultados mostraram-se dentro dos limites aceitáveis de precisão, exatidão e seletividade, o que atesta a robustez do método.

A figura 6 mostra o cromatograma sem a variação em seus parâmetros.



**Figura 6:** Cromatograma de  $55 \mu\text{g L}^{-1}$  de GLI sob as condições descritas no item Equipamento.

Já a figura 7 apresenta o cromatograma com a variação máxima dos parâmetros citados anteriormente.



**Figura 7:** Cromatograma de  $73 \mu\text{g L}^{-1}$  de GLI sujeito a grandes modificações em seus parâmetros.

Assim, os resultados gerados das medições do glifosato, efetuadas sob condições variadas (mudança de operador e análises realizadas em dias diferentes) não foram afetados por modificações pequenas e deliberadas em seus parâmetros.

Além da robustez, a repetitividade que representa a concordância entre os resultados de medições sucessivas de um mesmo método, efetuadas sob as mesmas condições; mesmo procedimento; mesmo local; repetições em curto intervalo de tempo, foi testada apresentando resultados satisfatórios.

Os resíduos gerados, metanol para limpeza da coluna cromatográfica e a fase móvel  $\text{KH}_2\text{PO}_4/\text{H}_3\text{PO}_4$ , foram encaminhados ao Laboratório de Resíduos Químicos para tratamento adequado (ALBERGUINI, et al., 2005).

## Conclusões

A grande utilização de glifosato pode levar a efeitos deletérios no ambiente após seu uso prolongado. Portanto, torna-se necessário desenvolver metodologia adequada para sua determinação. Nesse contexto, o método proposto pelo Laboratório de Química Ambiental descreve uma alternativa eficaz para a determinação de glifosato em águas a partir de uma metodologia analítica verde, ambientalmente correta. Assim, no método ora proposto, contemplaram-se diretamente os princípios 3, 4, 5, 8 e 10 da Química Verde.

Um método cromatográfico pode ser considerado robusto se ele continua apresentando resultados aceitáveis quando são feitas pequenas variações na composição da fase móvel, pH, concentração do tampão, na temperatura da coluna e no comprimento de onda de detecção. Neste caso, foram realizadas as alterações nas variáveis citadas e o método continuou apresentando uma robustez satisfatória.

O método proposto para determinação de GLI em águas mostrou-se bastante eficiente, com boa linearidade, precisão, reprodutibilidade e repetibilidade, já que os testes referentes à validação analítica como seletividade, fortificação, linearidade e robustez foram realizados com amostras reais.

Os valores de LD e LQ, relativos ao método foram, respectivamente, de 9,93 e 30,1  $\mu\text{g L}^{-1}$ . Isso indica que o método está adequado para detectar e quantificar o herbicida em baixos níveis de concentração.

O presente trabalho sugere a determinação de glifosato em águas eliminando as etapas de extração e clean-up, que geralmente são muito custosas devido ao uso de grandes quantidades de solventes orgânicos nas mais variadas formas de extração. Outra vantagem deste método foi o uso de um tampão fosfato como fase móvel utilizada nas condições cromatográficas que após um simples tratamento pode ser facilmente descartado, ao contrário da maioria dos solventes orgânicos que devido a sua toxicidade podem causar danos à saúde humana e ao ambiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. B. G.; MATTA, M. H. R.; MONTAGNER, E. Desenvolvimento e validação de método de análise de glifosato em grãos de soja. *Química Nova*, v. 31, n. 5, p. 2228-2235, 2008.

ALBERGUINI, L. B. A.; SILVA, L. C.; REZENDE, M. O. O. Tratamento de resíduos químicos: guia prático para a solução dos resíduos químicos em Instituições de ensino superior, São Carlos, Rima, 2005, cap. 2, 102p.

AMARANTE JUNIOR, O. P.; Santos, T. C. R.; Brito, N. M; RIBEIRO, M. L. Métodos de extração e determinação do herbicida glifosato: breve revisão. *Química Nova*, v. 25, n. 3, p. 420- 428, 2002 .

AMARANTE JUNIOR, O. P.; SANTOS, T. C. R.; BRITO, N. M.; RIBEIRO, M. L. Glifosato: Propriedades, toxicidade, usos e legislação. *Química Nova*. v. 25, n. 4, p. 589-593, 2002.

ARAÚJO, A. S. F. Biodegradação, extração e análise de glifosato em dois tipos de solos. 2002. 63 f. Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2002.

AUDINO, J. B.; BENNETT, O. O.; GALE, G. T.; GLINSK, R.; OWENS, M. E.; PARKER, J. J; PEAKE, A.; NOWE, N.; SORENSEN, E. V.; TORMA, L.; VALANGE, B. M. Liquid-Chromatographic determination of glyphosate technical and its formulation- collaborative study. *Journal of the association of official analytical chemists*, v. 66, n. 5, p.1214-1219, 1983.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE: Resolução nº 357, de 17 de Março de 2005.

CORRÊA, A. G.; ZUIN, V. G.; Química Verde: fundamentos e aplicações: São Carlos, EdUFSCar, 2009, cap. 6, 171p.

ENVIRONMENTAL POLLUTION AGENCY (EPA). *Chemical- Specific Parameters*. Disponível em: <http://www.epa.gov/oerrpages/superfund/health/conmedia/soil/toc.htm>, Acesso em Agosto 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO e QUALIDADE INDUSTRIAL (INMETRO). *Vocabulário internacional de termos fundamentais e gerais de metrologia*. Disponível em <http://www.inmetro.gov.br/kits/doqcgcre008r01.pdf>. Acesso em Maio de 2008.

IUPAC. KRULL, I.;SWARTZ, M. Determining limits of detection and quantification. *LC-GC*, v. 16, n.10, p.922-924, 1998.



KRULL, I. ; SWARTZ, M. Determining limits of detection and quantification. LC-GC, v.16, n. 10, p. 922-924, 1998.

MINISTÉRIO DA SAÚDE: *Portaria nº 518*, de 25 de Março de 2004.

MORLIER, L.W.; TOMKINS, D. F. Liquid chromatographic determination of glyphosate in water-soluble granular formulations: Collaborative Study. *Journal of AOAC International*, v. 80, p. 464-473, 1997.

NEDELKOSKA, T.V.; LOW, G. K. C. High-performance liquid chromatographic determination of glyphosate in water and plant material after pre-column derivatisation with 9-fluorenylmethyl chloroformate *Analytica Chimica Acta*. v. 511, n. 1, p.145-153, 2004.

RIBANI, M.; BOTOLLI, C.B. G.; COLLINS, C. H.; JARDIM, I. C. S. F. Validação e métodos cromatográficos e eletroforéticos. *Química Nova*, v. 25, n. 5, p. 771- 780, 2004.

SOUZA, T. A.; MATTA, M. H. R.; MONTAGNER, E.; Abreu, A. B. G. Estudo da recuperação de glifosato e AMPA derivados em solo utilizando-se resinas nacionais. *Química Nova*, v. 29, n. 6, p. 1372- 1376, 2006.

TEÓFILO, R. F. Planejamentos experimentais para a otimização da resposta voltamétrica na determinação do herbicida glifosato em solo, água e vegetais. 2003. 96 f. Dissertação de Mestrado- Programa de pós-graduação em Agroquímica, Universidade Federal de Viçosa, Brasil, 2003.

TONI, L. R. M.; SATANA, H.; ZAIA, D. A. M. Adsorção de glifosato sobre solos e minerais. *Química Nova*, v. 29, n. 4, p. 829-833, 2006.

## REMOVEDOR DE ESMALTE COM ESSÊNCIA DE FLORES

Bruno dos Santos Arias<sup>1</sup>, Erivelto Heliton Bolonhese<sup>1</sup>, Gilberto de Souza<sup>1</sup>,  
Marcel de Carvalho<sup>1</sup>, Verônica Cristina Gomes Soares<sup>1</sup>

Centro Universitário Padre Anchieta, Jundiaí, SP, Brasil

### Resumo

O presente trabalho buscou o desenvolvimento de uma formulação de removedor de esmalte para unhas, à base de solvente orgânico e óleos essenciais de jasmim ou lavanda, para atender o mercado consumidor de cosméticos. A eficácia da formulação foi avaliada pelo teste de remoção em superfície de vidro e a avaliação da toxicidade foi realizada pelo teste desafio em bactérias. O resultado obtido revelou que a melhor formulação possui 15% de óleos essenciais e a análise preliminar de toxicidade demonstrou baixa toxicidade.

**Palavras chave:** Removedor, solvente, essência, jasmim, lavanda.

### Abstract

This study aimed to develop a formulation of a nail polish remover polish, solvent based and organic essential oils of jasmine and lavender, to serve the consumer market for cosmetics. The effectiveness of the formulation was evaluated by the removal of the glass surface and evaluation of toxicity test was used for challenge in bacteria. The result showed that the best formulation has 15% of essential oils and preliminary analysis of toxicity showed a low toxicity.

**Keywords:** remover, solvent, essence, jasmine, lavender.

### Introdução

Os removedores de esmalte para unhas consistem em soluções aquosas com 50% de acetona, aproximadamente, conforme permitido pelo Ministério da Justiça por meio da portaria nº 1274 de 25 de agosto de 2003.

A ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), conforme sua Resolução Colegiada RDC nº211/2005, classifica o removedor de esmalte como produto de Grau I, para toxicidade, fato que o dispensa de informações detalhadas quanto ao seu modo de usar e suas restrições de uso, desde que a empresa produtora atenda a essa resolução.

A Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (ABIHPEC) projetou obter em 2010 um crescimento maior que o do ano anterior (de 7,24%).

Esse número refere-se somente à venda de esmaltes para unhas e, conseqüentemente, igual para o removedor de esmalte. Esse mercado possui uma característica peculiar, quase sua totalidade em vendas é executada à vista, portanto, não foi afetado pela restrição de crédito, característica de outros setores, durante o mesmo período (ABIHPEC, 2009).

Ocupando o 3º lugar no ranking mundial do consumo de cosméticos, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e Japão, o Brasil apresentou seu maior crescimento na década de 90, com a estabilidade da moeda econômica o que possibilitou aos consumidores aumentar os gastos com a aparência, influenciados por uma propaganda eficiente (ABIHPEC, 2009).

A participação crescente da mulher brasileira no mercado de trabalho, o lançamento constante de novos produtos para atender cada vez mais a necessidade dessa consumidora, a utilização de tecnologia aprimorada acarretando uma maior produtividade, o aumento na expectativa de vida, a tendência crescente em conservar uma aparência jovem e a globalização, constituíram um panorama sócio-econômico que impulsionou o consumo, fazendo despertar o potencial da indústria nacional de produtos de higiene e de beleza, que é bastante considerável ao se comparar com países considerados desenvolvidos (BARBOSA, 2006).

O desenvolvimento de um produto inovador deve ser embasado em um estudo de mercado, para que a indústria tenha interesse em sua produção e comercialização. Diante do contexto apresentado e considerando-se o fato de que não existe histórico no mercado, de um removedor de esmalte com aroma, o presente estudo visa à obtenção desse produto, pois o mesmo deve apresentar boa aceitação, considerando o exigente mercado consumidor, formado basicamente pelo sexo feminino que anseia por novidades.

O grande apelo de marketing do removedor de esmalte com aroma são os óleos essenciais utilizados, pois esses além de melhorar o odor do produto, constante de 50% de acetona, são utilizados em terapia complementar como a aromaterapia por apresentarem ações fisiológicas comprovadas (BYSAMIA, 2010).

Os óleos essenciais que exercem as funções de defesa e atração de polinizadores e são produzidos pelo metabolismo secundário de algumas espécies de plantas. Encontram-se distribuídos em diversas partes dos vegetais como: flores, cascas de frutos, folhas, raízes, cascas das árvores, resina de casca ou sementes. Ficam armazenados em bolsas chamadas de tricomas que são rompidas naturalmente, liberando o óleo essencial formando uma espécie de nuvem aromática ao seu redor (ELDIN; DUNFORD, 2008).

Os tricomas também podem ser rompidos através de processos físico-químicos para extração do óleo essencial. A escolha de cada processo depende basicamente do tipo da planta e da qualidade desejada do produto, levando-se em consideração o tempo e custo para obtenção do óleo essencial. Os processos de extração mais comuns são: rotoevaporação, por hidrodestilação, supercrítico, subcrítico, por gás refrigerante, por extrusão ou prensagem, a vácuo, por solvente ou por óleo (WOLFFENBÜTTEL, 2007).

A estrutura química dos óleos essenciais é composta por elementos como: carbono, oxigênio e hidrogênio, sendo sua classificação química difícil, por serem formados por uma mistura de diversas moléculas orgânicas, entre elas: hidrocarbonetos, alcoóis, ésteres, aldeídos, cetonas e fenóis. Os óleos puros freqüentemente apresentam toxicidade elevada tanto que, dentro das recomendações de uso encontram-se pequenas dosagens (CARDOSO et al., 2006).

Lavanda (alfazema), *Lavandula spica (Labiatae)*, planta nativa das encostas do Mediterrâneo, pode ser encontrada em locais com até dois mil metros de altitude. O seu óleo essencial é constituído principalmente por linalol, acetato de linalil, lavandulol, acetato lavandulil, terpineol, timoneno, cariofileno, terpineol. Apresenta algumas atividades descritas em literatura, entre elas: anti-séptica, analgésica, antiespasmódica, tônica, cicatrizante, antiinflamatória, emenagoga, antiparasitária, relaxante muscular, adstringente, condicionadora cutânea e antidepressiva (CRAVO, 2004).

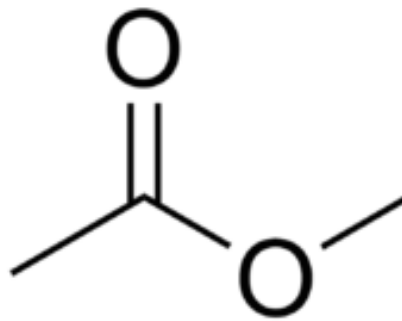
O Jasmim, *Trachelosperumum jasminoides*, é nativo da antiga Pérsia, hoje Irã, e da Índia, regiões onde é cultivado há milênios. Seu óleo essencial tem cor vermelha intensa, sendo tão aromático quanto à flor, razão de seu valor em perfumaria e é descrito como: estimulante, relaxante muscular, antidepressiva, estimulante, afrodisíaco, anti-séptico, antiespasmódico, cicatrizante e sedativo. O óleo é constituído principalmente por: benzil acetato, ácido fenilacético, linalol, linalil acetato, jasmone e mentil-jasmonato. (STERN, 1999; QVIDAS, 2009).

Para a produção de um removedor de esmalte para unha é necessário, além do óleo essencial, que consiste no diferencial para a venda, a adição de um bom removedor. Os removedores utilizados nesse tipo de produto são os solventes orgânicos.

O acetato de metila é conhecido também como éster metílico de ácido acético ou etanoato de metila (IUPAC). Apresenta as seguintes características organolépticas: é um líquido claro, inflamável de cheiro forte e característico. A estrutura química é definida e sua fórmula molecular é  $C_3H_6O_2$  (**Figura 1**).

A maior aplicação comercial do acetato de metila é como solvente de: colas, tintas, vernizes e esmaltes de unhas, quanto as suas características química, é um solvente de polaridade intermediária (lipofílico e hidrofílico) e aprótico. Apresenta solubilidade de 25% em água a temperatura ambiente, porém a miscibilidade em água aumenta com o aumento da temperatura, não é estável na presença de soluções aquosas de bases ou ácidos fortes (NEHMI, 1993).

A síntese deste solvente ocorre a partir do ácido acético e metanol na presença de ácidos fortes como o ácido sulfúrico, este último tem por objetivo absorver água e deslocar o equilíbrio no sentido da produção do éster, numa reação de esterificação (VOLLHARDT e SCHORE, 2005).



**Figura 1** Estrutura molecular do acetato de metila

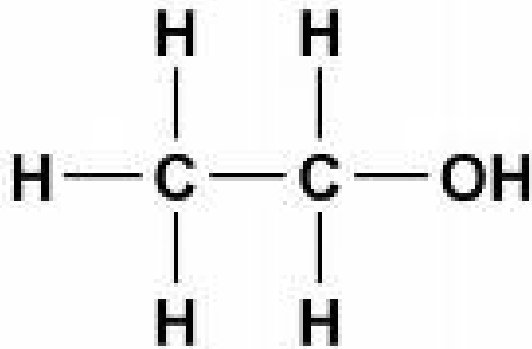
Fonte: [http://saber.sapo.ao/wiki/Acetato\\_de\\_metila](http://saber.sapo.ao/wiki/Acetato_de_metila)

Devido à toxicidade intrínseca do acetato de metila, outro solvente passível de ser utilizado em removedores de esmalte é o álcool etílico (IUPAC, Etanol). Este por sua vez é um líquido incolor, volátil, inflamável, solúvel em água, com cheiro e sabor característicos, sendo o mais comum dos alcoóis com fórmula química C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH ou C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O (**Figura 2**).

Apresenta solubilidade em: água, cetona e éter, sendo totalmente miscível em água, caracterizam-se por ser um composto orgânico, que pode ser obtido através da fermentação de carboidrato (CAMPOS, 1995).

A fonte primordial de obtenção do álcool etílico é por meio da fermentação que ocorre com a adição de fermento biológico a uma mistura de água e açúcares. O fermento, composto por levedura que possuem enzimas capazes de converter carboidrato em álcool, é o responsável pelas reações de transformação, de glicose a álcool etílica (VOLLHARDT e SCHORE, 2005).

O álcool etílico pode ser obtido também mediante processos sintéticos, como por exemplo, a partir da hidratação do eteno, catalisada por ácido sulfúrico. Este produto é o principal constituinte de bebidas como: cerveja, vinho e aguardente. No Brasil, é também muito utilizada como combustível de motores de explosão (AMBIENTEBRASIL, 2009; USINA CALIFÓRNIA, 2003).



**Figura 2:** Estrutura molecular do etanol

Fonte: <http://www.cerebromente.org.br/n21/history/ethanol.gif>

Atendendo a portaria nº 1274, de 25 de agosto de 2003, do Ministério da Justiça e com base nos dados do crescente mercado brasileiro para a venda de removedores de esmalte para unhas, o presente trabalho buscou desenvolver um novo removedor com a adição de essência de flores, substituindo a principal característica desagradável do produto, o cheiro residual de solvente, por um aroma mais atrativo.

A mudança de odor tem como principal objetivo atrair o público consumidor feminino, cada vez mais exigente, sem, no entanto, interferir na eficácia do produto.

## **Materiais e Métodos**

### **Reagentes Químicos**

Acetato de metila, álcool etílico, essência de jasmim, essência de lavanda, corante, base, esmalte e removedores comerciais (Zulu, Indafarma e Desmalte) usados para definição do padrão.

### **Formulação do removedor**

Foi definido como padrão de removedor o produto da marca Zulu<sup>®</sup> por apresentar menor tempo médio de remoção do esmalte (5 min). O produto, objeto deste trabalho, deve apresentar esse mesmo tempo médio de remoção.

Após o ensaio de algumas formulações, conclui-se que a fórmula que apresentou resultado satisfatório, tendo como referência o padrão comercial foi:

- 50,0% - Álcool etílico
- 34,7% - Acetato de metila
- 15,0% - Essência
- 0,3% - Corante

### **Microrganismo para e ensaio de toxicidade**

A bactéria utilizada foi a *Enterococcus ssp.* Este microrganismo coloniza o trato gastrintestinal humano e podem ser também encontrados em alimentos, onde possuem um papel benéfico durante a maturação de determinados produtos fermentados. *Enterococcus ssp* são consideradas bactérias de baixa virulência e, portanto, podem ser utilizadas como índices de toxicidade em ensaios de produtos cosméticos (JORNAL BRASILEIRO, 2005).

### **Ensaio de remoção de esmalte para unha.**

Foram preparadas 20 lâminas para os testes, aplicando primeiro a base de setim em uma área de 5 mm de cada lâmina. Após a secagem por 20 minutos aplicou-se o esmalte por cima da base de setim. As lâminas secaram a temperatura ambiente por 20 minutos, em seguida, foram embaladas em papel toalha e armazenadas para uso posterior.

Após sete dias, realizou-se o teste de remoção do esmalte das lâminas com três amostras de marcas comerciais de removedores de esmaltes de unhas diferentes, para definir o padrão que seria adotado como referência para o produto desenvolvido neste trabalho. Foram preparados três béqueres, colocando 20 ml de cada produto em cada um, em seguida mergulhando em cada béquer uma lâmina com esmalte previamente preparada e cobrindo-os com papel alumínio para evitar a volatilização do removedor. Sem aplicar nenhum atrito sobre o esmalte foi observado a cada minuto o poder de remoção de cada produto. Este procedimento foi repetido por três vezes e calculado o tempo médio de remoção de cada produto.

### Teste de toxicidade sobre bactéria

Meios de cultura consistem da associação qualitativa e quantitativa de substâncias que fornecem os nutrientes necessários ao desenvolvimento (cultivo) de microrganismos fora do seu meio natural. Os meios de cultura escolhidos para o teste de toxicidade foram: Brain Heart Infusion caldo (BHI) e Mueller Hinton ágar (MH). Para o início do ensaio, foi colocado, em um tubo de ensaio, 5 ml de removedor com óleo de lavanda e, em outro tubo de ensaio, 5 ml de removedor com óleo de jasmim; em seguida, colocou-se em cada tubo 2 ml de bactéria *Enterococcus ssp.* Em seguida armazenou-se em uma estufa a 37°C por sete dias. Após esse período, as amostras foram passadas para uma placa de Petri contendo Muller Hinton ágar previamente preparada. A placa de Petri foi identificada e armazenada em estufa a 37°C. Após sete dias, observou-se a placa para a determinação do resultado.

### Resultados

#### Resultado do ensaio de remoção de esmalte para unha.

As marcas de removedores comerciais foram testadas para avaliação do melhor resultado de remoção de esmaltes em lâmina de vidro.

A **Figura 3** demonstra o método utilizado para a realização deste teste. O removedor da marca Zulu<sup>®</sup> foi utilizado como padrão de referência de eficácia de removedor por apresentar menor tempo médio de remoção do esmalte. O produto, objeto deste trabalho, deve apresentar mesmo tempo de remoção (5 min).



**Figura 3:** Teste de remoção de esmalte aderido às lâminas de vidro para definição do padrão de referência de eficácia do produto inovador.



A eficácia de remoção de produto em superfície de vidro foi determinada através do tempo médio de remoção pelo experimento demonstrado acima. A **Tabela 1** apresenta os resultados obtidos.

**Tabela 1** Nome comercial e tempo médio de remoção do esmalte de superfície inerte de lâmina de vidro, para padronização da eficácia de remoção.

Nome Comercial do Produto	Tempo médio de remoção
Indafarma	6 minutos
Desmalte	7 minutos
Zulu	5 minutos

#### Resultado da formulação do produto.

O removedor de esmalte com essência de flores foi testado para avaliação do melhor resultado de remoção de esmaltes em lâmina de vidro:

**Tabela 2** Característica do produto obtida e tempo médio de remoção do esmalte de superfície inerte de lâmina de vidro, para determinação da formulação do produto.

Álcool Etilico (%)	Acetato de Etila (%)	Essência (%)	Corante (%)	Tempo de Remoção (min)	Característica do produto
45	50	4,7	0,3	3	Cheiro acentuado de Acetato de Etila
50	45	4,7	0,3	3	Cheiro acentuado de Acetato de Etila
45	45	9,7	0,3	7	Cheiro fraco da essência
50	40	9,7	0,3	4	Cheiro fraco da essência

50	35	14,7	0,3	5	Cheiro característico da essência
50	34,7	15	0,3	5	Cheiro agradável da essência

Para produção de 10 amostras com essência de Jasmim e 10 com essência de lavanda, contendo 50 ml cada, foram usados os materiais constantes na **Tabela 3**.

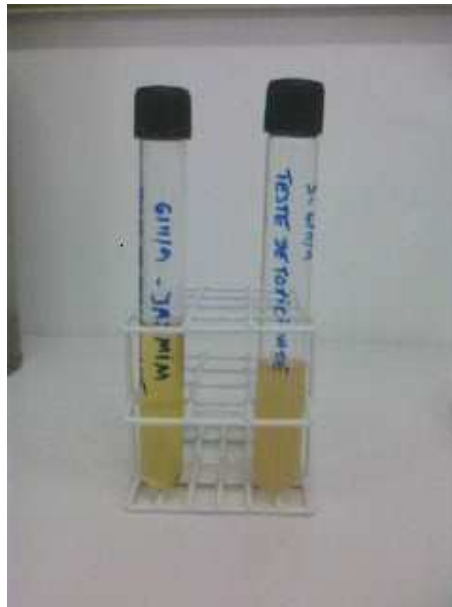
**Tabela 3** Formulação do novo removedor de esmalte de unha de alta eficiência com óleo essencial de jasmim e lavanda.

Material	Quantidade/Volume (ml)
Álcool etílico	500 ml
Acetato de etila	347 ml
Essência (Jasmim ou Lavanda)	150 ml
Corante	3 ml

#### Resultados do teste de toxicidade do produto inovador.

Após a exposição, em tubo de ensaio contendo BHI caldo, da bactéria *Enterococcus ssp* as amostras de removedor de esmalte contendo óleo essencial de jasmim e outra amostra contendo óleo essencial de lavanda foram feitas repique em placa de Petri para confirmação de crescimento microbiológico (**Figura 4**).

A realização da análise microbiológica da placa contendo as mostras dos removedores de esmalte com óleo essencial de jasmim ou de lavanda, respectivamente, constatou apenas o desenvolvimento de 1UFC/ml na amostra de removedor preparada com óleo essencial de jasmim conforme pode ser visto na **Figura 5**.



**Figura 4** Tubos contendo meio de cultura BHI caldo, cepa de *Enterococcus ssp* e amostra do removedor contendo óleo essencial de jasmim e óleo essencial de lavanda, após incubação por 4 dias em estufa a 37 °C, para a realização do teste de toxicidade.



**Figura 5** Resultado obtido após plaqueamento das amostras que foram submetidas à pré-incubação na presença de *Enterococcus ssp*: houve o desenvolvimento de apenas 1UFC/ml, no lado da placa que contem o removedor preparado com óleo essencial de jasmim.

## **CONCLUSÕES**

O objetivo desse trabalho foi desenvolver um produto inovador, com mercado consumidor promissor e de fácil produção em escala industrial, que apresente apelo de marketing e não prejudique o meio ambiente.

A partir dos testes realizados, o produto foi desenvolvido com duas versões diferentes. A primeira contendo óleo essencial de jasmim e a outra contendo óleo essencial de lavanda. Ambos os produtos obtiveram tempo de remoção satisfatório em comparação com a marca comercial de maior eficácia.

Além da estabilidade da formulação e possível valor de mercado agregado ao produto, o mesmo foi avaliado quanto a sua toxicidade frente à presença de um agente microbiológico. Os testes realizados nos dois produtos apresentaram baixa toxicidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABHIPEC - Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos; Panorama do Setor. São Paulo: 2009. Disponível em [http://www.abihpec.org.br/conteudo/material/panoramadosetor/panorama\\_2008\\_2009\\_pt3.pdf](http://www.abihpec.org.br/conteudo/material/panoramadosetor/panorama_2008_2009_pt3.pdf) - Acesso em 11/04/2009.

AMBIENTEBRASIL – ETANOL, Curitiba-PR. Disponível em <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./energia/index.html&conteudo=./energia/etanol.html> - Acesso em 21/04/09.

BARBOSA, Celeyda M. B.; Fabricação De Cosméticos e a Legislação Sanitária. Minas Gerais: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, 2006. Disponível em <http://sbtrv1.ibict.br/upload/dossies/sbtr-dossie32.pdf?PHPSESSID=2aca2b68e490d8e63cbadba89874dabb> - Acesso em 28/03/2009.

CAMPOS, Humberto de; Enciclopédia Agrícola Brasileira/ESALQ. EDUSP, São Paulo, 1995.

CARDOSO, M.G.; GAVILANES, M.L.; MARQUES, M.C.S.; SHAN, A.Y.K.V.; SANTOS, B.R.; OLIVEIRA, A.C.B.; BERTOLUCCI, S.K.V.; PINTO, A.P.S.; Óleos Essenciais, Ed. UFLA, Lavras-MG, Disponível em [http://www.editora.ufla.br/BolExtensao/pdfBE/bol\\_62.pdf](http://www.editora.ufla.br/BolExtensao/pdfBE/bol_62.pdf) - Acesso em 11/04/09.

CRAVO, A. B. Plantas e perfumes; Editora 21 - Osasco -SP, 2004.

ELDIN, S.; DUNFORD, A. Fitoterapia – na atenção primária à saúde. Ed. Manole, Barueri – SP. ed. 1º, p. 163. 2001.

MINISTÉRIO DA JUSTIÇA, Portaria nº 1274 de 25 de agosto de 2003. DOU: Brasil, 2003. Disponível em [www.funpar.ufpr.br:8080/intranet/apps/formularios/manual/Portarias/Portaria%201274-MJ%2003.doc](http://www.funpar.ufpr.br:8080/intranet/apps/formularios/manual/Portarias/Portaria%201274-MJ%2003.doc) – Acesso em 24/04/09.

NEHMI, Victor; Química Orgânica Vol 3. Ed. Ática, São Paulo, 1993.

STERN, C. Os 30 Novos Remédios Florais da Califórnia para a sua Saúde; Editora Pensamento, São Paulo, 1999.

USINA CALIFÓRNIA – FISPQ, Parapuã-SP: 2003. Disponível em <http://www.usinacalifornia.com.br/FISPQ%20Etanol.pdf> – Acesso em 21/04/09.

[http://www.qvidas.com.br/oleo\\_j.asp](http://www.qvidas.com.br/oleo_j.asp) - - Acesso em 21/04/09

VOLLHARDT, K. P. C. E SCHORE, N. E. Química Orgânica. 4ed. Bookman Editora, São Paulo, 1112p, 2005.

WOLFFENBÜTTEL, A. N.; Óleos essenciais, Informativo CRQ-V, ano XI, nº105. Rio Grande do Sul: 2007. Jornal Brasileiro. Patol. Med. Lab. vol.41 nº6 Rio de Janeiro Dec. 2005.

## DESENVOLVIMENTO DE SENSOR MICROPROCESSADO DE BAIXO CUSTO PARA ANÁLISE DE CORES EM PROCESSOS PRODUTIVOS

**Eduardo Calgaro Godinho De Amorim<sup>1</sup>, Mario Mollo Neto<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Centro Universitário Padre Anchieta- Jundiaí, SP, Brasil. Email: [eduardo\\_cga@hotmail.com](mailto:eduardo_cga@hotmail.com)

<sup>2</sup> Centro Universitário Padre Anchieta- Jundiaí, SP, Brasil. Email: [mariomollo@gmail.com](mailto:mariomollo@gmail.com)

### Resumo

Esta pesquisa propõe-se a reportar o desenvolvimento de um equipamento portátil, microprocessado, que permita a realização de medições de superfícies coloridas e apresente a composição RGB (*Red, Green and Blue*) da cor medida numa interface amigável para o usuário final. Pretende-se visualizar, por meio de um instrumento digital, a composição de uma cor alvo, baseado na leitura dos valores do comprimento de onda refletidos para o sensor a ser construído. Com este estudo, observa-se a utilização de sistemas digitais com sensores eletrônicos em substituição aos sistemas convencionais e humanos, identificando cores em tempo real, auxiliando na sua correta identificação, fornecendo informações confiáveis para o processo de tomada de decisão dentro de estruturas e sistemas que demandem a correta identificação de cores em processos produtivos, de forma mais ágil e precisa.

**PALAVRAS-CHAVE: Colorímetro, Sensor, Sistema Microprocessado, Medição, Interface.**

### Abstract

*This research intends to report the development of a portable, microprocessor equipment that allows it to take measurements of surface color and determine his composition that it shows the RGB (*Red, Green and Blue*) color as a friendly interface for the end user. It is intended to show, through a digital instrument, the composition of a target color based on the reading of the reflected wavelength values to the sensor to be built. With this study, we observe the use of digital systems with electronic sensors to replace conventional and humans systems, identifying colors in real time, assisting in its correct identification by providing reliable information for decision-making process within structures and systems that require the correct colors identification in production processes, more agile and precise.*

**KEY WORDS:** *Colorimeter, Sensor, Microprocessor Systems, Measurement, Interface.*

## **Introdução**

A proposta deste artigo é a de reportar o desenvolvimento de um dispositivo que utiliza filtros ou sensores que imitam a resposta dos cones do sistema visual humano e produz resultado numérico com base no princípio de ação baseado em separar as componentes RGB (*Red, Green and Blue*) da luz como declaram Cunha, Dantas e Moraes (2006). O objetivo do estudo do conjunto formado é o desenvolvimento tecnológico de um hardware com software embarcado que permita realizar o procedimento de detecção de cores e a sua respectiva formação, baseada na utilização de sensores que detectam os comprimentos de onda provenientes da luz refletida pelos alvos.

Esta pesquisa propõe o estudo mais aprofundado da composição das cores, que são, segundo Goldstein (2003), o resultado de uma percepção visual provocada pela ação de um feixe de fótons sobre células especializadas da retina, que transmitem por meio de informação pré-processada no nervo óptico, impressões para o sistema nervoso.

Segundo Santos (2010), a cor de um material é determinada pelas médias de frequência dos pacotes de onda que as suas moléculas constituintes refletem. A cor é relacionada aos diferentes comprimentos de onda do espectro eletromagnético. São percebidas pelas pessoas, em faixa específica (zona do visível), e por alguns animais através dos órgãos de visão, como uma sensação que nos permite diferenciar os objetos do espaço com maior precisão.

A presente pesquisa leva ao desenvolvimento de um hardware que reproduz eletronicamente o mecanismo de funcionamento dos fotorreceptores do olho humano. O projeto prevê a realização desta tarefa por meio de sensores que convertem os comprimentos de onda do sistema RGB (*Red, Green and Blue*) para frequências, a serem processadas por um Microcontrolador. Este dispositivo permite a exibição dos resultados da composição da cor matiz do alvo num *display*, e permite que esta cor seja memorizada para que, posteriormente, em uma nova medição possa ser comparada e ser informada ao usuário via *display* com o resultado da confrontação. Desta forma, temos a automação do processo de visão, o que remete a Cattani (1999). Segundo este autor, o termo automação [...] diz respeito a todo instrumento ou objeto que funcione sem a intervenção humana, podendo ser aplicado a qualquer tipo de máquina ou artefato que opere desse modo. [...] Atualmente, com a mudança em curso da automação de base eletromecânica para a de base eletroeletrônica, passa a ser



utilizado o termo automatização, que “... implica técnicas diversas de coleta, armazenamento, processamento e transmissão de informações [...], materializadas em diferentes tipos de equipamentos utilizados na produção de bens e serviços.” Apesar dessas diferenciações, é comum, na literatura sobre o tema, a utilização do termo automação em referência, também, às tecnologias de base microeletrônica.

## Revisão Bibliográfica

### Luz, Cor e Percepção Visual

Segundo Gattass (2010), uma maneira de caracterizar a luz de uma fonte é definir a função que mostra a quantidade de energia que ela possui em cada um dos comprimentos de onda do espectro visível. Analisando a luz como uma onda, podemos relacionar o comprimento de onda  $\lambda$  e a frequência  $f$  à velocidade,  $v$ , através da equação 1:

$$v = \lambda \cdot f \quad \text{Eq.1}$$

onde,

$v$  é a velocidade da onda;  $\lambda$  é o comprimento da onda que é a distância percorrida pela onda em um ciclo e  $f$  é a frequência medida em ciclos por segundo (Hertz).

As três características básicas do espectro de uma fonte de luz, matiz, brilho e saturação, podem ser determinadas a partir do seu espectro, como ilustra a Fig. 1.

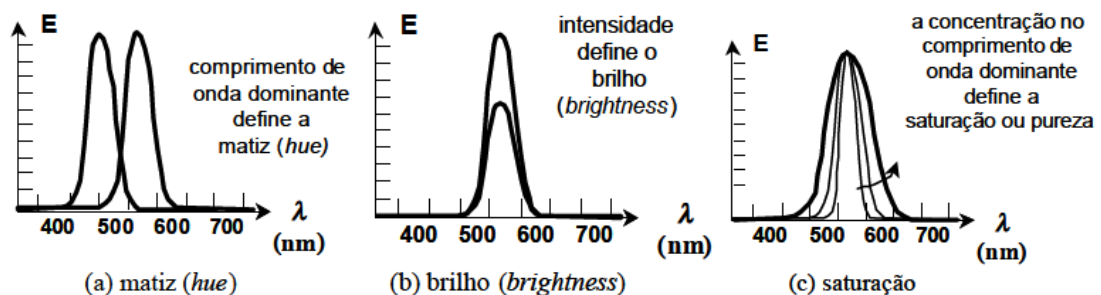


Figura 1. Características de um espectro luminoso. Fonte (GATTASS, 2010).

Ainda segundo Gattass (2010), o espectro de frequências que excitam nossos olhos, o chamado espectro visível, vai do vermelho ( $4.3 \times 10^{14}$  Hz), passando pelo laranja, amarelo, verde e azul, até chegar ao violeta ( $7.5 \times 10^{14}$  Hz). Este espectro de cores é o mesmo que observamos no arco-íris.

Na retina de nossos olhos existem duas classes de sensores que captam luz. Devido à sua forma geométrica, estes sensores recebem os nomes de cones e bastonetes. Os bastonetes nos

permitem enxergar em ambientes muito pouco iluminados, como numa noite com apenas luz de estrelas, e não transmitem sensação de cor, ou seja, são cegos para as cores.

Os cones, por outro lado, são fundamentais para a sensação de cor. Existem três tipos diferentes de cones, cada um respondendo melhor a uma determinada faixa de frequências da luz. A Fig. 2 mostra resultados experimentais de sensibilidade de cada um destes cones que correspondem à sensação de vermelho (*r* para *red*), verde (*g* para *green*) e azul (*b* para *blue*) em função do comprimento de onda (GATTASS 2010; CUNHA, DANTAS e MORAES 2006).

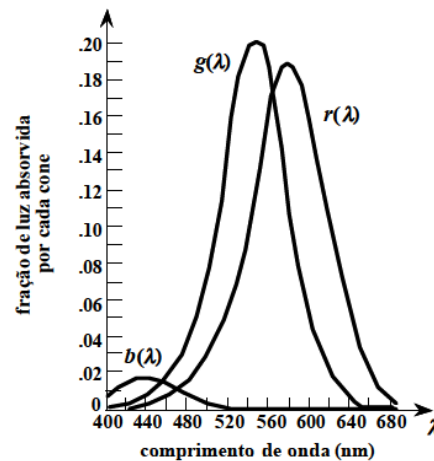


Figura 2. Absorção de energia luminosa pelos cones r, g e b em função de  $\lambda$ . Fonte (GATTASS, 2010).

Gattass (2010) explica a razão do motivo que normalmente definimos as cores por meio de um modelo tricromático, ou seja, definindo cada cor através de três números. Um modelo matemático simples para determinarmos a medida da intensidade de luz percebida pelos nossos cones quando excitados por uma luz de espectro  $E(\lambda)$  é dado pela equação 2:

$$R = \int E(\lambda)r(\lambda)d\lambda; G = \int E(\lambda)g(\lambda)d\lambda; B = \int E(\lambda)b(\lambda)d\lambda. \quad \text{Eq.2}$$

onde  $r(\lambda)$ ,  $g(\lambda)$  e  $b(\lambda)$  são as curvas de sensibilidade da Fig. 2.

Observando as diferentes capacidades de absorção de luz dos três cones podemos notar que o verde tem melhor absorção, seguido pelo vermelho e por último o azul. Assim, mesmo que uma fonte azul emita a mesma quantidade de energia luminosa que uma fonte verde, pode-se perceber a luz verde como sendo mais intensa. É comum utilizarmos uma fórmula

para determinar a quantidade de luz,  $L$ , que percebemos (luminosidade) do tipo explicitado na equação 3:

$$L = 0.30R + 0.59G + 0.11B \quad \text{Eq.3}$$

O mesmo autor destaca, ainda, outro aspecto importante do olho humano que é a sua capacidade de se adaptar a diferentes níveis de luminosidade do ambiente que nos cerca por meio da ação da retina sem controle consciente.

### **Modelos Tricromáticos e o Modelo RGB (*Red, Green and Blue*)**

Segundo Gattass (2010), os experimentos com as três cores primárias permitiram estabelecer três leis de misturas aditivas de cores, conhecidas como leis de Grassman:

1. Podemos especificar qualquer cor como mistura aditiva de três cores independentes;
2. A cor de uma mistura aditiva não se altera quando substituimos as cores componentes pelas suas metâmeras, ou seja, por cores isômeras;
3. Se uma componente de uma mistura aditiva é alterada numa dada proporção, a cor da mistura é modificada na mesma proporção, obedecendo às leis de simetria, transitividade e linearidade.

A cada cor “C” é definida uma cor complementar “- C” de forma que a soma das duas cores resulta em uma luz acromática (cor branca). Uma luz acromática é uma cor que adicionada a qualquer outra não altera o matiz da cor, mas sim só a sua saturação ou pureza. Estas propriedades junto com a estrutura aditiva linear das cores nos permitem dizer que o conjunto de cores provido da operação de mistura aditiva e da multiplicação por fator de potência forma um espaço (linear) de cores de dimensão “3” gerado pelas três cores primárias  $\{C_1, C_2, C_3\}$  (Figura 3). Estas três cores primárias constituem a base de espaço, cuja origem corresponde a uma luz acromática (por exemplo, “cor” de luminância zero = preta).

A equação 4 descreve a dimensão “3”:

$$\alpha(C_1 + C_2 + C_3) = \alpha C_1 + \alpha C_2 + \alpha C_3, \quad \text{Eq.4}$$

(onde  $\alpha$  é um fator não-negativo de acréscimo na potência radiante estimulante)

Com base no que foi exposto, a Comissão Internacional de Iluminação (CIE) estabeleceu vários padrões de cor. Um dos padrões mais conhecidos é o modelo RGB.

O modelo *RGB* define como as três cores primárias as cores espectrais de comprimentos iguais a 435.8 nm (azul), 546 nm (verde) e 700 nm (vermelho).

O sistema usado para a criação de cores em monitores de vídeo baseia-se nas mesmas propriedades fundamentais da luz que ocorrem percepção humana: estas cores podem ser criadas a partir do vermelho, do verde e do azul. Essa é a base do modelo de cores *RGB*.

No modelo de cores *RGB*, as cores dos pixels podem ser mudadas combinando-se vários valores de vermelho, verde e azul. Cada uma das três cores primárias tem um intervalo de valores de 0 até 255. Quando se combinam os 256 possíveis valores de cada cor, o número total de cores fica em aproximadamente 16,7 milhões (256 X 256 X 256).

### **Sensores**

Segundo Rueda et al. (2005), sensores são dispositivos que mudam seu comportamento sob a ação de uma grandeza física, podendo fornecer diretamente ou indiretamente um sinal que indica esta grandeza. Quando operam diretamente, convertendo uma forma de energia em outra, são chamados transdutores. Os parâmetros de operação têm suas propriedades alteradas, (como a resistência, a capacitância, frequência ou a indutância) sob ação de uma grandeza. O sinal de um sensor pode ser usado para detectar e corrigir desvios em sistemas de controle, e nos instrumentos de medição, orientando o processo. Os sensores eletrônicos podem ser projetados para detectar uma variedade de aspectos quantitativos de um determinado sistema físico. Tais quantidades incluem: temperaturas, campos Magnéticos, tensão, pressão, deslocamento, rotação, aceleração e luz (Optoeletrônica) como nesta pesquisa.

### **Sistemas Embarcados com Microcontroladores.**

Segundo Santos (2006) Sistemas embarcados estão cada vez mais presentes em nosso cotidiano, o baixo custo tecnológico permitiu o aumento da capacidade do hardware, viabilizando a implementação de aplicações mais complexas. O surgimento de novas aplicações é impulsionado pelo crescimento do mercado e um melhor conhecimento das necessidades humanas.

Moore (1965), fundador da Intel, em 1965 constatou que a cada 18 meses a quantidade de transistores dentro de um chip dobra (consequentemente a sua capacidade de processamento),

enquanto os custos permanecem constantes. A lei de Moore, como é conhecida, mantém-se até hoje e este aumento na capacidade dos chips que possibilita o desenvolvimento de sistemas embarcados que executam aplicações cada vez mais complexas.

O constante crescimento do número de transistores dentro de um chip tornou possível o desenvolvimento de sistemas embarcados em um único chip (SoCs - System on a Chip), que são sistemas inteiros com processador, memória e periféricos dentro de um só circuito integrado. Além do avanço na capacidade dos chips, houve um avanço também nas ferramentas de CAD que auxiliam os projetistas no desenvolvimento.

Segundo Nicolosi (2002) o microcontrolador é uma máquina sequencial que executa um conjunto de comandos (instruções) previamente gravados em uma memória (ROM – *Read Only Memory*). Embora todos os microprocessadores utilizem um sinal de “*clock*”, é comum encontrar na literatura a classificação de microprocessadores síncronos e assíncronos.

Com a evolução tecnológica, principalmente na confecção de CI's (Circuitos Integrados), os fabricantes de microprocessadores começaram a incorporar memórias e dispositivos periféricos na mesma pastilha de seus microprocessadores. Surgiram então os microcontroladores.

Uma vez que incorporam grande parte dos dispositivos periféricos, a construção de um sistema baseado em um microcontrolador, frequentemente se resume a um circuito com poucos periféricos analógicos ou digitais, um cristal, um botão de reset e a memória de programa.

Ainda segundo Nicolosi (2002) um microcontrolador é um componente que tem, num único chip, além de uma CPU, elementos tais como memórias ROM (*Read Only Memory*) e RAM (*Random Access Memory*), temporizadores/contadores, moduladores PWM (*Pulse-width modulation*), canais de comunicação e conversores analógico-digitais. Estas características diferenciam os sistemas baseados em microprocessadores daqueles baseados em microprocessadores, onde normalmente se utilizam vários componentes para implementar essas funções. Com isso, os micro controladores permitem a construção de sistemas mais compactos e baratos do que aqueles baseados em microprocessadores.

Percebe-se que o campo de aplicação dos micro controladores é diferente daquele dos microprocessadores, e que um sistema que possa ser controlado por um microcontrolador tende a ter menor complexidade e menor custo do que um sistema que exija a capacidade de processamento de um microprocessador (Nicolosi, 2007).

Exemplos de sistemas onde os micro controladores encontram aplicação incluem controle de semáforos, balanças eletrônicas, microterminais, telefones públicos, controle de carregadores de baterias, inversores eletrônicos, controles de acesso, taxímetros, sistemas de aquisição de dados de manufatura e eletrodomésticos em geral.

A programação dos micro controladores é mais simples do que a dos microprocessadores. Cabe citar ainda uma vantagem particular dos micro controladores que possuem memória ROM, que é a possibilidade de armazenar programas internamente, dificultando sensivelmente a cópia ilícita do código (NICOLSI, 2007).

### Materiais e Métodos

A metodologia adotada para o desenvolvimento desta pesquisa baseou-se, inicialmente, na exploração da bibliografia disponível sobre o assunto, o que permitiu coletar dados e informações que deram base ao projeto e construção do sistema na forma de um protótipo, partindo da modelagem dos componentes básicos de uma cápsula com sensores ativos de luz e a respectiva conexão desta ao hardware de microcontrolador e periféricos.

O sistema desenvolvido conta com uma sonda de cor, uma central microcontrolada, uma fonte externa de energia e um *display* de informações para o usuário (Figura 3).

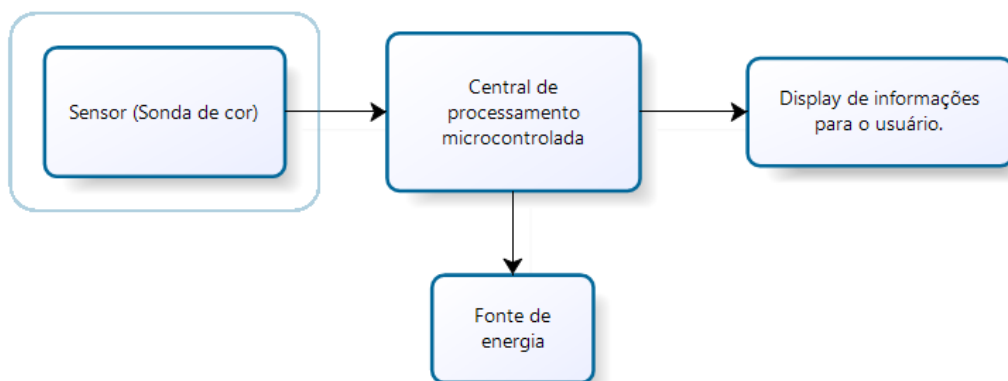


Figura 3. Estrutura do sistema desenvolvido (Protótipo). Fonte: Construída pelos autores.

O projeto da sonda sensor teve sua base de projeto em um sensor triplo que converte os comprimentos de onda em valores de frequências, que por sua vez são transferidas para o chip do microcontrolador. Este dispositivo processa as três frequências correspondentes aos comprimentos de onda lidos pela sonda por meio de uma varredura em alta velocidade e

converte cada uma destas frequências em um conjunto de três valores no intervalo de 0 até 255. Estes valores são exibidos no display de informações ao usuário, o que permite determinar a cor conforme apresentado por Gattass (2002), Cunha, Dantas e Moraes (2006).

Na sequência, com o projeto pronto, iniciou-se a construção de um protótipo em placa *protoboard* (Matriz de contatos) para a construção do conjunto pretendido.

Após a construção do protótipo, foram realizados testes de funcionamento para ajustes.

A validação do protótipo foi realizada com base em leituras e comparações por confrontação das respostas enviadas ao display de informação com um bloco padrão de cores RGB adquirido da empresa Afitec, distribuidor PANTONE no Brasil (Figura 4).



Figura 4. Padrão PANTONE RGB adquirido para a validação do protótipo. Fonte: Adaptada pelos autores.

As leituras realizadas foram inseridas em planilhas Excel e realizado o tratamento estatístico das medidas considerando os erros aleatórios para checar o erro percentual ou relativo do dispositivo. Os erros aleatórios tendem a desviar aleatoriamente as medidas feitas. Como foram realizadas muitas medições – “aproximadamente” – a metade das medidas feitas estará acima e metade estará abaixo do valor correto (isto acontece teoricamente quando a quantidade de dados tende a infinito. O que pode ajustar esta informação ou ajudar a ajustar é o desvio padrão, que é realizado a seguir, mesmo assim sem garantir que estejam 50% acima e 50% abaixo). Portanto, uma boa estimativa para o valor correto da grandeza será a média aritmética dos valores medidos (Equação. 5):

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad \text{Eq. 5}$$

Ao serem realizadas várias medições da mesma grandeza nas mesmas condições, a incidência de erros aleatórios faz com que os valores medidos estejam distribuídos em torno da média. A dispersão do conjunto de medidas realizadas pode ser caracterizada através do desvio padrão.

Conjuntos de medidas com desvio padrão baixo são mais precisas do que quando o desvio padrão é alto e quanto maior o número de medidas realizadas maior será a precisão, devido a compensação dos erros aleatórios.

O erro padrão da média é definido como (Equação 6), onde  $S$ , neste caso é a média calculada acima.

$$\Delta\bar{x} = S_m = \frac{S}{\sqrt{N}} \quad \text{Eq.6}$$

Observa-se através da equação que o erro padrão da média diminui com a raiz quadrada do número das  $N$  de medições realizadas. Portanto, quanto maior o número de medições melhor é a determinação do valor médio. No caso desta pesquisa, foram realizadas pelo menos trezentas e sessenta medidas de cada uma das cores selecionadas para a validação.

O erro percentual ou relativo ao qual estão submetidas as medidas, expresso em porcentagem, foi obtido através da equação 7:

$$(\Delta\bar{x})_r = \frac{\Delta\bar{x}}{\bar{x}} \cdot 100\% \quad \text{Eq.7}$$

## Resultados

Os resultados da presente pesquisa foram obtidos em duas fases distintas, sendo a primeira a construção do dispositivo protótipo para a automação do processo de identificação de cores e, a segunda, foi a validação do dispositivo com a verificação de seu erro percentual de leitura para cada um dos canais R,G e B.

### Fase 1 - Construção do Protótipo

#### Circuito Eletrônico Projetado

A Figura 5 apresenta o circuito eletrônico projetado para o protótipo funcional da pesquisa:



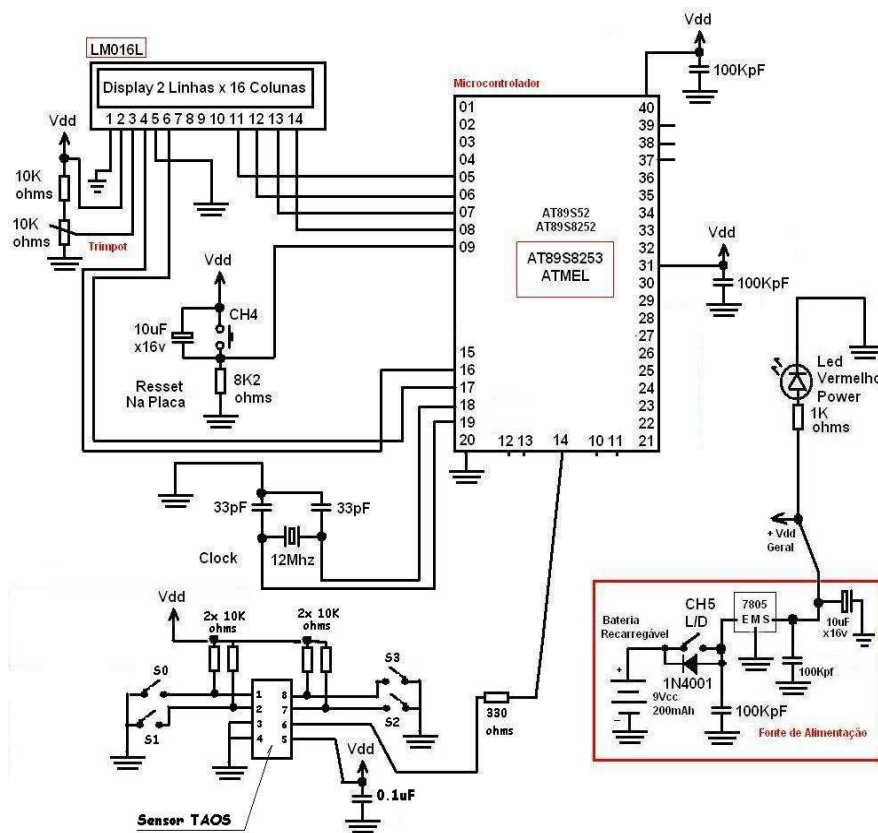


Figura 5. Circuito eletrônico projetado com o *hardware* básico do protótipo a ser montado no *proto-board* para os testes e a validação da pesquisa. Fonte: Construída pelos autores.

### Sonda de Cor

A sonda de cor do protótipo foi construída com o circuito integrado TCS230 *PROGRAMMABLE COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER* da *Texas Advanced Optoelectronic Solutions* (TAOS) – (Figura 6).

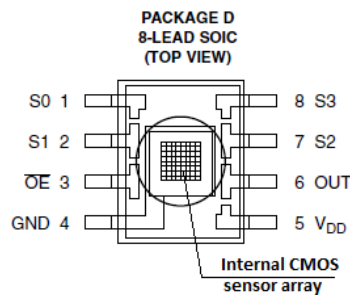


Figura 6. Sensor TCS230 da empresa TAOS e a representação do sensor interno do tipo CMOS (*complementary metal-oxide-semiconductor*). Fonte (TAOS, 2008).

O sensor TCS230 conversor de luz para frequência de cor programável combina fotodiodos de silício, que são configuráveis e compostos de uma matriz de sensores CMOS monolítico. A saída tipicamente é uma onda quadrada de ciclo de 50% com frequência diretamente proporcional à intensidade luminosa (irradiância).

As suas entradas digitais e saídas digitais permitem interface direta ao microcontrolador.

O conversor lê a frequência em uma matriz de fotodiodos de 8 x 8 pixels. Dezesesseis fotodiodos têm filtros azuis, 16 fotodiodos têm filtros verdes, 16 fotodiodos têm filtros vermelhos, e 16 fotodiodos são de entrada direta, ou seja, são claros e sem filtros.

Os quatro tipos (cores) de fotodiodos são interligados para minimizar o efeito da não uniformidade da radiação incidente. Todos os 16 fotodiodos da mesma cor são ligados em paralelo e o tipo de fotodiodo que o dispositivo usa durante a operação é selecionável através de seus pinos. Os fotodiodos são de 120  $\mu\text{m}$  x 120  $\mu\text{m}$  de tamanho.

O diagrama funcional do sensor é representado na Figura 7.

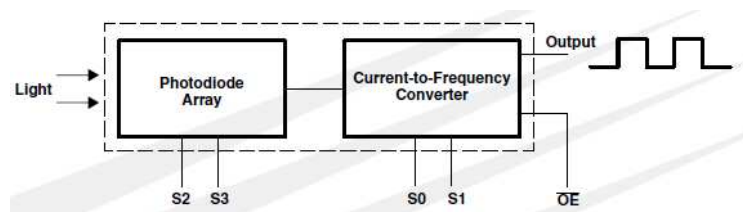


Figura 7. Diagrama funcional do sensor TCS230 da empresa TAOS. Fonte (TAOS, 2008).

O sensor TCS230 foi escolhido devido às características típicas de respostas às entradas de leitura, que permitem varrer o espectro de comprimentos de onda em que a pesquisa se concentra e como exibe a Figura 8, devido ao seu baixo custo e possibilidade de conexão direta ao microcontrolador escolhido no projeto.

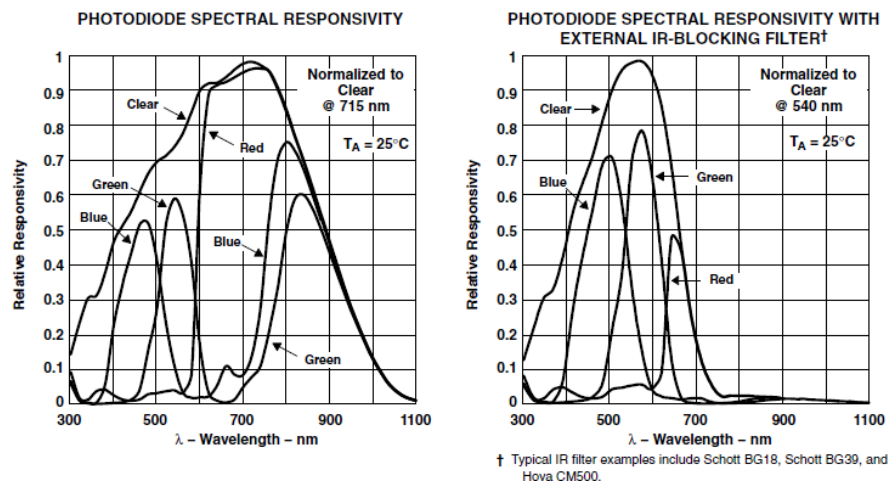


Figura 8. Curvas de respostas típicas do sensor TCS230 da empresa TAOS e compatíveis com o projeto proposto. Fonte (TAOS, 2008).

Devido às dimensões do sensor, construído em encapsulamento SMD (*surface mount devices*) foi necessária a adaptação do sensor por sobre uma placa padrão, de modo a permitir sua inserção na matriz de contatos (*proto-board*) – (Figura 9).

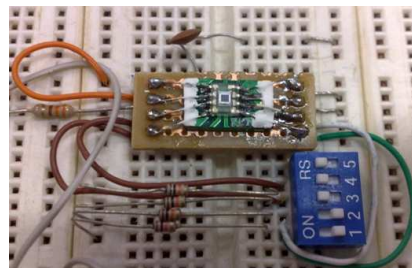


Figura 9. Adaptação para o uso do sensor TCS230 no *proto-board*. Fonte: Construída pelos autores.

### Central de processamento, *display* e fonte de alimentação

A montagem em *proto-board* da central de processamento tomou como base o uso do microcontrolador da família 8051, de fabricação da ATMEL, modelo AT89S8253, que possui uma memória para programação interna de 12 Kbytes *Flash*.

O *display* adotado é o LM016L de 2 linhas x 16 caracteres cada para a correta visualização das mensagens programadas para a interface com o usuário.

Com a instalação da sonda sensora, o *display* e os demais periféricos para a fonte de alimentação e estabilização, ao hardware básico do microcontrolador, que compreende o

circuito de *clock* e *reset*, necessários para obter-se o correto funcionamento do sistema, a montagem final assumiu o aspecto apresentado na Figura 10:

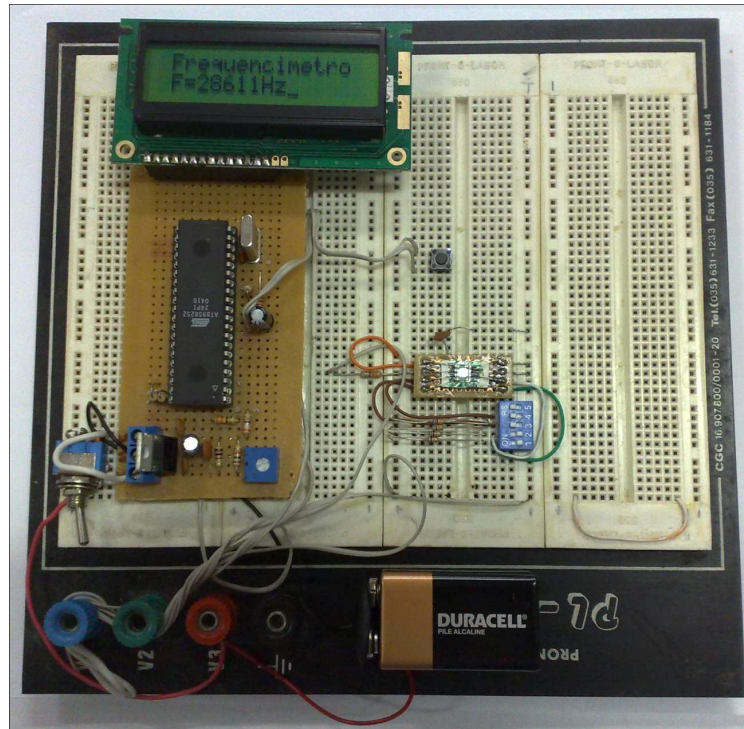


Figura 10. Montagem completa do protótipo na matriz de contatos *proto-board* e placas padrão. Fonte: Construída pelos autores.

### Programação do *Firmware*

A programação do *firmware*, ou programa interno da pastilha do *chip* do microcontrolador, foi realizada com o uso de duas diferentes ferramentas de programação, sendo a primeira para a programação Bascon (2011) e a segunda para a compilação e a programação do *firmware* Atmel (2011). A linguagem de programação adotada para este desenvolvimento foi o *Basic* para a edição em linguagem de alto nível e um compilador de *Basic* para Hexadecimal e de Hexadecimal para binário. O código binário na sequência é transferido ao chip por meio de uma EPU (*Electronic Programming Unit*) de gravação *in circuit*.

O editor *Basic* utilizado foi: BASCON versão 2.0.12.0 (Figura 11a) e o compilador utilizado foi: AVR - SPI Flash programmer 3.7 (Figura 11b);

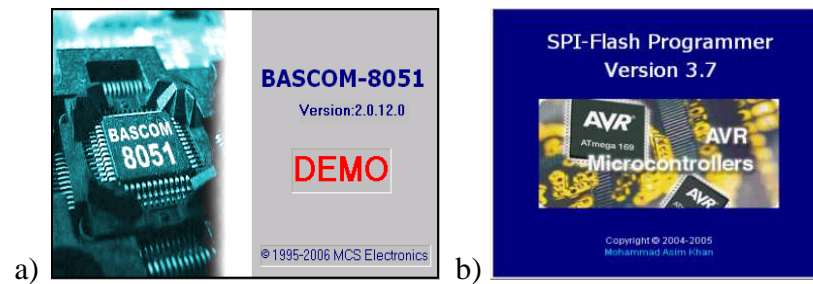


Figura 11. Editor de linguagem de programação (a) para o *chip* atmel AT89S8253 e o compilador de transferência (b) utilizados na pesquisa. Fonte: (Bascom, 2011); (Atmel, 2011).

## Fase 2 - Testes e Validação do Protótipo

### Coleta dos dados e Processamento Estatístico

Após os testes iniciais de funcionamento do protótipo, foram realizadas as medições de seis cores pré-selecionadas do padrão PANTONE RGB e, cada uma das medições foi realizada com um total de 20 repetições de um grupo de 3 medidas para cada uma das seis cores, totalizando 360 leituras de resultados do *display* do equipamento, somente com a leitura das frequências correspondentes à composição da cor alvo, o que permitiu a construção da tabela 1, que tem os valores de frequências medidas para cada uma das componentes, antes da conversão para o padrão RGB, para cada uma das seis cores adotadas para teste.

Tabela 1: Medições efetuadas para a validação do protótipo.

Medida/canal	FREQUÊNCIA CORES ESCOLHIDAS DO PADRÃO PARA A VALIDAÇÃO PARA CADA UM DOS CANAIS (RGB) DO SENSOR – (Valores em Hz).																	
	1 - Branco			2 - Laranja			3 - Azul			4 - Vermelho			5 - Verde			6 - Preto		
	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B
1	250	250	250	255	164	138	0	159	218	224	0	52	0	121	52	30	30	30
2	2132	2236	2680	2994	1777	1375	748	1189	2186	1948	708	650	631	892	837	384	434	486
3	1974	2264	2728	2878	1810	1440	731	1222	2238	1985	721	678	675	904	886	436	470	505
4	2195	2277	2698	3052	1853	1426	758	1248	2204	1953	731	665	621	909	871	409	468	507
5	2131	2285	2721	3028	1818	1435	767	1220	2210	1952	692	666	620	892	875	402	461	509
6	2082	2276	2675	2957	1825	1428	742	1226	2260	1938	713	677	624	908	885	407	466	517
7	2107	2281	2789	3026	1856	1586	753	1239	2331	1953	731	716	626	916	909	406	468	521
8	2097	2286	2760	2996	1859	1480	748	1249	2278	1926	743	705	614	929	905	404	478	520
9	2121	2349	2748	3033	1919	1464	779	1297	2250	2103	846	694	679	989	895	436	496	513
10	2209	2336	2700	3116	1931	1444	792	1279	2254	1946	755	684	592	928	888	384	471	514
	2001	2301	2699	2816	1828	1475	659	1217	2271	1771	709	697	554	902	898	376	464	516

11	2019	2263	2738	2888	1832	1472	706	1223	2278	1852	752	711	593	925	911	392	470	517
12	2069	2295	2727	2958	1866	1495	722	1277	2271	1934	816	718	636	969	916	409	488	520
13	2099	2295	2724	3009	1893	1492	753	1265	2283	1943	765	722	643	932	916	423	479	521
14	2167	2336	2715	3105	1848	1475	814	1215	2278	2054	720	705	703	938	908	445	462	522
15	2237	2274	2711	3166	1786	1474	793	1188	2259	2128	648	693	717	847	890	452	441	515
16	2232	2206	2705	3143	1728	1448	827	1160	2219	2060	615	689	692	836	888	437	438	512
17	2124	2178	2710	2981	1805	1447	740	1250	2232	1913	755	666	618	923	882	405	469	509
18	2087	2294	2711	2972	1869	1457	743	1242	2262	1921	753	678	625	917	887	407	464	513
19	2088	2285	2688	2963	1858	1452	736	1246	2239	1894	745	676	612	924	881	401	465	509
20	2070	2282	2690	2939	1884	1436	725	1259	2230	1906	771	675	625	939	877	413	480	510

Fonte: Desenvolvida pelos autores.

Após terem sido efetuadas as medições para o preenchimento da planilha foram feitos os cálculos no EXCEL por meio do módulo de análise de dados com o uso de estatística descritiva, as médias e os respectivos erros percentuais das medidas, considerando cada uma das cores e para cada uma de suas frequências componentes para os canais RGB (*Red, Green and Blue*) do *hardware* sensor.

Estes valores, posteriormente, no andamento da pesquisa, serão convertidos para valores entre 0 e 255 para comparação com o padrão PANTONE RGB.

Os resultados obtidos para o processamento estatístico dos dados são apresentados na tabela 2:

Tabela 2: Valores obtidos do processamento estatístico dos dados.

<i>COR</i>	<i>COMPONENTE E CANAL DE MEDIDA</i>	<i>Média do canal</i>	<i>Erro Percentual (%)</i>
<b>Cor 1 - Branco</b>	<b>R</b>	2111,00	16,760
	<b>G</b>	2282,26	9,145
	<b>B</b>	2717,74	6,233
<b>Cor 2 - Laranja</b>	<b>R</b>	3001,37	20,868
	<b>G</b>	1845,68	10,794
	<b>B</b>	1464,53	8,265
<b>Cor 3 - Azul</b>	<b>R</b>	752,00	8,914
	<b>G</b>	1238,00	7,415

<b>Cor 4 - Vermelho</b>	<b>B</b>	2255,11	6,924
	<b>R</b>	735,84	11,856
	<b>G</b>	735,84	11,856
<b>Cor 5 - Verde</b>	<b>B</b>	690,26	4,237
	<b>R</b>	635,21	9,436
	<b>G</b>	917,21	8,034
<b>Cor 6 - Preto</b>	<b>B</b>	893,05	3,232
	<b>R</b>	412,84	4,681
	<b>G</b>	468,32	3,118
	<b>B</b>	514,21	1,189

Nota: As tarjas cinza destacam os valores de erro máximo e erro mínimo obtidos.

Desta Tabela 2, podemos obter os valores do erro máximo, mínimo e médio (Tabela 3) para a validação do protótipo desenvolvido.

Tabela 3: Valores máximo, mínimo e médio do erro percentual do equipamento desenvolvido.

<i><b>ERRO PERCENTUAL</b></i>	<i><b>Valores Obtidos: (%)</b></i>
Máximo	<b>20,868</b>
Mínimo	<b>1,189</b>
Médio	<b>8,498</b>
Médio do canal de leitura R	<b>12,086</b>
Médio do canal de leitura G	<b>9,360</b>
Médio do canal de leitura B	<b>5,778</b>

Nota: O destaque cinza é do valor médio do erro do equipamento construído.

### **Comentários e Conclusões**

A revisão da literatura realizada durante esta pesquisa e os resultados obtidos na análise estatística para os erros padrão das médias e dos erros percentuais das medidas executadas, são importantes para demonstrar que o protótipo construído segundo as indicações das referências de Rueda et al. (2005), Santos (2006), Nicolosi (2002) e Nicolosi (2007) permite



efetuar a leitura das cores segundo as indicações das referências Gattass (2002), Cunha, Dantas e Moraes (2006). Desta forma, podemos inicialmente concluir que o projeto permitiu o estudo mais aprofundado da composição das cores como proposto e verificado por Goldstein (2003), Matias (2010) e Santos (2010), assim como o desenvolvimento de um hardware, ainda protótipo, que reproduz eletronicamente o mecanismo de funcionamento dos fotorreceptores do olho humano segundo as bases fornecidas por (Nicolosi, 2007) e (Nicolosi, 2002). Isto permitiu travar conhecimento com os modelos tricromáticos propostos por Gattass (2010) e, foram realizados os experimentos com as três cores primárias como geradoras das demais no modelo RGB como indicam Cunha, Dantas e Moraes (2006).

A sonda de cor, construída por meio de sensores como sugere Rueda et al. (2005), com características determinadas pela referência (TAOS, 2008), respondeu de maneira coerente e permitiu que o protótipo microcontrolado efetuasse medidas bem consistentes, que foram avaliadas com o uso de estatística descritiva, mesmo que em um dos casos, que foi isolado, em que numa das medidas efetuadas para a cor laranja, no canal R, o erro percentual tenha chegado ao valor de 20,868%. Destaca-se o fato que, o sistema é dependente, para um melhor funcionamento, de um ambiente controlado, com fornecimento de energia livre de oscilações e iluminação em níveis constantes.

Foi possível verificar, que o erro médio do dispositivo é aceitável e está no valor de 8,498% e, os valores que, eventualmente, ultrapassam as médias foram aqueles das leituras das cores mais claras, sendo que, para as cores mais escuras, o erro caiu bruscamente ficando entre valores de 1,189% até 9,436%. Este fato é relevante e deve sempre ser considerado pelos usuários quando da definição da eventual aplicação pretendida para o dispositivo. Maiores aprimoramentos deverão ser incorporados, no futuro, ao protótipo para que este possa ter seu desempenho mais apurado, com menores erros, para as cores mais claras.

O investimento para a construção do protótipo foi próximo a US\$ 100,00 (Cem dólares) o que corrobora o sucesso da proposta de se desenvolver um produto de baixo custo e vai de encontro às afirmações de Nicolosi (2007) e Nicolosi (2002).

Finalizando, os autores entendem que, com este estudo e frente aos resultados obtidos, pode-se observar que é viável a utilização de sistemas digitais com o uso de sensores eletrônicos para a produção de dispositivos eletrônicos para a automação de processos em substituição aos sistemas convencionais e humanos, o que também vai de encontro a afirmação de Cattani (1999), identificando cores em tempo real, auxiliando na sua correta



identificação, fornecendo informações relativamente confiáveis para o processo de tomada de decisão dentro de estruturas e sistemas que demandem a correta identificação de cores em processos produtivos.

### **Agradecimento**

Os autores agradecem ao **CNPq** (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo fomento a presente pesquisa por intermédio de bolsa **PIBIC** (Programa Nacional de Bolsa de Iniciação Científica).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATMEL. SPI Flash Programmer. Disponível em: <<http://www2.atmel.com>> Acesso em 10/03/2011.

BASCOM. Software MCS BASCOM 8051. Disponível em: <[http://www.mcselec.com/index.php?option=com\\_docman&task=cat\\_view&gid=98&Itemid=54](http://www.mcselec.com/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=98&Itemid=54)> Acesso em 10/03/2011.

CATTANI, Antonio David. Trabalho e tecnologia: dicionário crítico. 2. ed. Petrópolis, RJ: Vozes; Ed. da UFRGS, 1999.

CUNHA, D. C. F. A.; DANTAS, A. M.; HOKOÇ, J. N.; MORAES, A. M. M; MORAES JUNIOR, H. V. de. Estudo eletrorretinográfico de visão cromática. Arq. Bras. Oftalmol., São Paulo, v. 69, n. 6, Dec. 2006.

GATTASS, M. Introdução a cor. Disponível em: < [http://www.tecgraf.puc-rio.br/~mgattass/cg/pdf/02\\_Cor.pdf](http://www.tecgraf.puc-rio.br/~mgattass/cg/pdf/02_Cor.pdf) > Acesso em 10/08/2010.

GOLDSTEIN, E. B. *Sensation and Perception*. Wadsworth Publishing. Chapter 6, 2003.

MATIAS, A. Entender a Cor I. Disponível em: <<http://www.focusfoto.com.br/downloads/Entendendo.a.Cor.pdf>> Acesso em 10/08/2010.

MOORE, G. *Cramming more components onto integrated circuits*. *Electronics*, Volume 38, Number 8, April 19, 1965

NICOLOSI, D.E.C. Laboratório de Microcontroladores família 8051. Érica. 2002.

NICOLOSI, D.E.C. Microcontrolador 8051 Detalhado. Érica. 2007.

RUEDA, T.C., SANTOS, L.M.S., RABELO, G.F. Controle Automático do Nível de Poeira Baseado em Microcontrolador. UFLA - Universidade Federal de Lavras, 2005. Disponível em: <<http://www.dcc.ufla.br/infocomp/artigos/v5.1/art08.pdf>> Acesso em 10/08/2010.

SANTOS, W. Grandes Cientistas - Isaac Newton. Física para vestibulares. Disponível em: <<http://nautilus.fis.uc.pt/cec/lar/sara/doc/teoria.pdf>> Acesso em 10/08/2010.

TAOS. TCS230 - *PROGRAMMABLE COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER* – *Datasheet. Texas Advanced Optoelectronic Solutions*, 2008. Disponível em <<http://www.bonavolta.ch/hobby/files/TCS230.pdf>> Acesso em 10/12/2010.

## TESTABILIDADE DE SOFTWARE: VISÃO GERAL

César Tegani Tofanini<sup>1</sup> e Fábio Vieira Teixeira<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitário Padre Anchieta, Jundiá, SP, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil

### Resumo

Neste trabalho, são apresentados os conceitos relacionados à testabilidade de *software*. As características desejáveis para se obter testabilidade são: controlabilidade, observabilidade, disponibilidade, simplicidade, estabilidade e informação, sendo que as mais importantes são controlabilidade e observabilidade. É apresentado o conceito de testabilidade de domínio, através das extensões de observabilidade e controlabilidade, assim como, o conceito de testabilidade como probabilidade de se revelar defeitos, que tem como base a ideia da perda de informação. Medidas para avaliar e aumentar o grau de testabilidade são discutidas por meio de exemplos práticos que podem ser aplicados no processo de desenvolvimento de um *software*.

**Palavras-chave:** testabilidade, controlabilidade, observabilidade

### Abstract

This paper shows the concepts related to testability of software. Desirable characteristics for achieving testability are: controllability, observability, availability, simplicity, stability and information, and the most important are controllability and observability. It shows the concept of domain testability, through the extensions of observability and controllability, it also shows the concept of testability as likely to reveal defects, which is based on the idea of information loss. Measures to assess and increase the degree of testability are discussed through practical examples that can be applied in development of software.

**Keywords:** testability, controllability, observability

### 1- Introdução

O processo de teste pode ser considerado o mais custoso do ciclo de vida de um *software*. Geralmente, no desenvolvimento de um projeto de *software* é muito comum a necessidade de redução de custos devido às limitações estipuladas no projeto. O ponto fundamental é tornar a tarefa de teste mais simples buscando maior eficiência na tarefa de revelar defeitos. Essa característica pode ser alcançada nas diferentes fases do projeto, proporcionando a redução dos custos, a simplificação das operações de teste e aumento da qualidade do *software*. Segundo as definições clássicas (PRESSMAN, 2001; CHOWDHARY, 2009; GUPTA; SINHA, 2009), testabilidade é a aptidão de um *software* para atender um critério de testes através da simulação de todas as situações de forma eficiente.

Grandes companhias de desenvolvimento de *software*, onde o suporte a um produto pode durar muitos anos (CHOWDHARY, 2009), têm demonstrado interesse em desenvolver a testabilidade para melhorar seus processos de teste.

Na literatura, não existe um consenso sobre todas as características de um *software* testável. Diversos autores dão sugestões de como um *software* deveria ser projetado para se atingir um alto grau de testabilidade (CHOWDHARY, 2009; GUPTA; SINHA, 2009; BACH, 2003; GAO, 2000; MICROSOFT, 2009; VOAS; MILLER, 1995; FREEDMAN, 1991; PETTICHORD, 2002). Entretanto, é importante ressaltar que as características relacionadas têm muita coisa em comum. Os principais aspectos relacionados à testabilidade, que são afetados no projeto de *software* e que interferem diretamente na viabilidade e automação de testes, são a controlabilidade e a observabilidade.

Além de técnicas utilizadas para aumentar a testabilidade de um *software*, é importante termos ferramentas para avaliar esta testabilidade. As métricas existentes incluem as baseadas nas definições de observabilidade e controlabilidade de Freedman (1991), baseadas no conceito de perda de informação, definida por Voas e Miller (1995) e baseadas na técnica de análise de sensibilidade. Por fim, os impactos enfrentados no projeto e na implementação de um *software* quando utilizamos os conceitos de testabilidade são discussões importantes.

## 2- Conceitos e Definições

(1) O grau em que um sistema ou componente facilita o estabelecimento de critérios de teste e a execução dos de testes para determinar se esses critérios foram cumpridos. (2) O grau em que um requisito é expresso em termos que permitem o estabelecimento de critérios de teste e execução de testes para determinar se esses critérios foram cumpridos. (THE INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, 1990, p. 76).

Nesta mesma linha, Pressman (2001) e Chowdhary (2009) definem o conceito de testabilidade como o quão fácil um programa de computador pode ser testado. Gupta e Sinha (2009) definem a testabilidade como a preparação que pode ser realizada durante as fases de projeto e codificação de um *software*, de forma a permitir que o processo de teste seja realizado de forma fácil e sistemática.

As definições de testabilidade acima nos forçam a possuir um critério para teste se desejarmos obter o grau de testabilidade de um *software*. Assim, o conceito testabilidade tem sido usado para discutir a facilidade com que um determinado critério de seleção de dados de teste pode ser satisfeito durante um teste. Adicionalmente, pode-se dizer que a atividade de

teste pode revelar defeitos, a testabilidade não, mas testabilidade pode sugerir os lugares onde estão os defeitos, algo que o teste não pode.

## 2.1- Características que determinam a testabilidade

De forma geral, algumas características são desejáveis para que um *software* seja testável. A seguir, seis características elencadas por Bach (2003) e referenciada por outros autores (PRESSMAN, 2001; CHOWDHARY, 2009; GAO, 2000): 1) Controlabilidade: existe uma interface para conduzir os testes, os estados de variáveis e condições de *hardware* podem ser controlados pelo testador e os componentes de *software* podem ser testados de forma independente; 2) Observabilidade: registros de estados atuais e anteriores do sistema estão disponíveis para consulta, resultados diferentes são gerados para entradas diferentes, todos os elementos que afetam a saída são visíveis e a saída incorreta pode ser facilmente percebida; 3) Disponibilidade: o código fonte do programa deve ser acessível, defeitos não impedem que os testes continuem e o produto evolui em fases; 4) Simplicidade: a implementação deve ser o mínimo necessário para atender os requisitos, os módulos devem ser coesos e com baixo acoplamento; 5) Estabilidade: as alterações de *software* são controladas e não frequentes. Alterações realizadas não devem invalidar os testes já existentes; 6) Conhecimento: metodologia e tecnologia utilizada é similar a outros projetos já conhecidos pelos testadores. A documentação é acessível, organizada, detalhada e precisa.

### 2.1.1- Observabilidade e Controlabilidade

Um componente de *software* é observável se seu comportamento externo bem como seu comportamento interno pode ser observado em tempo real ou gravado para posterior análise (GUPTA, 2009). As entradas fornecidas, como parte do teste, devem produzir resultados distintos. Além disso, um resultado incorreto e erros internos podem ser facilmente identificados (PRESSMAN, 2001). O grau de observabilidade de um programa pode ser obtido pela capacidade de determinar de forma econômica se um resultado obtido por um teste é o resultado esperado (MICROSOFT, 2009).

Um componente de *software* é controlável se através de sua interface de comandos pode ser inicializado com diferentes estados conforme requerido pelos testes (GUPTA, 2009). Testes podem ser especificados, automatizados e reproduzidos convenientemente (PRESSMAN, 2001). Obviamente, quanto mais controlável é um componente, mais previsível é o seu comportamento (MICROSOFT, 2009).

## 2.2- Testabilidade de domínio

Se um componente de *software* for testado duas vezes com o mesmo valor de entrada, os dois resultados de execução deveriam ser iguais. Se isso não acontecer, os dados de entrada estão incompletos, ou seja, as saídas não estão dependendo somente das entradas. Neste caso, estados internos do componente, não conhecidos pelo testador, interferem no resultado de saída. Nesta situação, diz-se que o componente está com inconsistências de entrada.

Por outro lado, se a saída de um componente de *software* é especificada dentro de um intervalo de valores, deveria ser possível construir uma entrada de teste cuja execução poderia cobrir qualquer um dos valores do intervalo de saída desejado. Se não for possível especificar um valor de entrada para algum dos valores do intervalo de saída, afirma-se que o componente está com inconsistências de saída.

Componentes de *software* com inconsistências de entrada e saída não são facilmente testáveis. Estas inconsistências podem ser evidências de um defeito de *software*, mas não implica, de fato, em sua existência.

Uma vez que o processo de teste verifica a tendência de um *software* realizar as entradas e saídas segundo uma determinada especificação, é necessário identificar as características das entradas e saídas explícitas, dada pela interface do componente de *software* e das entradas e saídas implícitas dada pelo estado interno do componente de *software*.

Parte das dificuldades de uma atividade de teste está relacionada à identificação e à especificação das entradas e saídas implícitas de um componente de *software* para utilização como itens auxiliares que podem ser controlados e observados durante os testes.

Segundo Freedman (1991), a princípio, a maioria dos componentes de *software* não é observável ou controlável. As alterações necessárias para se obter um componente de *software* observável são chamadas de *extensões observáveis*. As alterações necessárias para se obter um componente de *software* controlável são chamadas de *extensões controláveis*.

### 2.2.1- Definição Formal de Observabilidade

De forma geral, dado um componente de *software*  $\mathbb{P}$  que recebe como entrada um

conjunto de dados  $\mathbb{E}$  e tem como saída  $\mathbb{S}$ ,  $\mathbb{P}$  é observável se, para um subconjunto  $\mathbb{E}_1$  da

entrada, resulta em um subconjunto  $\mathbb{S}_1$  da saída e, para um subconjunto  $\mathbb{E}_2$  da entrada, resulta

em um  $\mathbb{S}_2$  da saída de forma que  $\mathbb{E}_1$  é diferente de  $\mathbb{E}_2$  e  $\mathbb{S}_1$  é diferente de  $\mathbb{S}_2$ . Desta maneira,

um componente de *software* é observável se diferentes resultados são gerados a partir de diferentes dados de entrada.

Por exemplo, considere a seguinte função:

```
function F(X: in INTEGER) return INTEGER is
begin
  return x * VARIAVEL_GLOBAL;
end F;
```

Esta função não é observável, pois ela depende de uma variável global. Execuções com os mesmos dados de teste podem resultar em saídas diferentes.



### 2.2.2- Definição Formal de Controlabilidade

De forma geral, dado um componente de *software*  $\mathbb{P}$  que recebe como entrada um conjunto de dados  $\mathbb{E}$  e tem como saída  $\mathbb{S}$ ,  $\mathbb{P}$  é *controlável* se, para todo conjunto  $\mathbb{E}_i$ : { todas as

execuções de  $\mathbb{P}(\mathbb{E}_i)$  } =  $\mathbb{T}\mathbb{F}$ , onde  $\mathbb{T}\mathbb{F}$  é o conjunto de valores possíveis para o tipo de dado de

$\mathbb{S}$ . Desta maneira, um componente de *software* é controlável se o conjunto de resultados que

ele retorna é igual ao conjunto dos valores dados pelo seu tipo de retorno.

Por exemplo, considere a seguinte função:

```
POSITIVE = {0,1,2,...,MAX_INTEGER}  
function G(X: in POSITIVE) return POSITIVE is  
begin  
    return x mod 3;  
end G;
```

Esta função não é controlável, pois  $\mathbb{G}$  retorna um subconjunto do tipo POSITIVE

(conjunto  $\{0,1,2\}$ ) para toda entrada. Portanto, não há dados de entrada que retornem valores entre 3 e MAX\_INTEGER.

A observabilidade não é requerida para a controlabilidade: componentes de *software* sem dados de entrada podem ser controláveis, mas não observáveis. Se um componente de *software* é observável e controlável, então a função dada pelo componente é do tipo *onto*<sup>1</sup> (FREEDMAN, 1991).

### 2.3- Testabilidade como probabilidade de se revelar defeitos

Voas e Miller (1995) definem testabilidade de maneira diferente da tradicional: “Testabilidade é a probabilidade que um *software* falhará em sua próxima execução durante o teste se o *software* possuir um defeito”. Ou seja, um *software* suscetível a revelar seus defeitos tem alta testabilidade.

Com esta concepção, a testabilidade dá o grau de dificuldade para a detecção de um defeito em um lugar específico durante a atividade de testes. Se após a realização de testes, de acordo com o grau especificado pela testabilidade, nenhuma falha for observada, então se pode ter uma razoável certeza que o programa está correto.

---

<sup>1</sup> Uma função  $f$  de  $\mathbb{A}$  para  $\mathbb{B}$  é chamada *onto* se para todo  $b$  em  $\mathbb{B}$  existe um  $a$  em  $\mathbb{A}$  de forma que  $f(a) = b$ . Ou

seja, todos os elementos em  $\mathbb{B}$  são referenciados.

### 2.3.1- Perda de Informação

A observação empírica do que ocorre na execução de um programa sugere que um erro<sup>2</sup> pode ser cancelado. O grau em que este fenômeno ocorre pode ser quantificado por meio de uma análise estática do código ou da inspeção da especificação de um componente de *software*. Assim, são adquiridas informações que dão uma ideia sobre a probabilidade de ocorrer o cancelamento de um erro. Isto nos dá indícios para mensurar a quantidade de defeitos que permanecerão escondidos durante os testes. Este acontecimento é denominado perda de informação (VOAS; MILLER, 1995). A perda de informação aumenta a chance do cancelamento de um erro e este fato diminui a testabilidade do *software*.

#### 2.3.1.1- Perda de Informação Explícita

A perda de informação explícita ocorre quando variáveis não são validadas durante a execução do *software* ou ao final, no resultado da execução. Este tipo de perda de informação, normalmente ocorre como resultado do encapsulamento de dados. Apesar do encapsulamento de dados ser aceito como boa prática de programação, uma vez que as variáveis locais não estão disponíveis para identificar um estado incorreto e ajudar na revelação de defeitos, esta técnica não é boa do ponto de vista da testabilidade, pois causa a diminuição da observabilidade do componente de *software*.

#### 2.3.1.2- Perda de Informação Implícita

A perda de informação implícita ocorre quando dois ou mais parâmetros de entrada diferentes, passados para um componente de *software*, produzem o mesmo resultado na saída. Como exemplo, considere uma função definida pelo programador que recebe dois parâmetros inteiros e produz uma saída lógica, nesta função, muitos valores diferentes de entrada são possíveis, enquanto a saída somente pode assumir o valor '0' ou o valor '1'.

## 3- Critérios e métricas de testabilidade

### 3.1- Métricas para testabilidade de domínio

---

<sup>2</sup> Voas e Miller (1995) usam o termo *data state error*. Neste texto usamos apenas o termo *erro*.

Freedman (1991) apresenta o conceito de Testabilidade de Domínio. Formalmente, as métricas de testabilidade de domínio são definidas em termos das extensões observáveis e controláveis.

Dada a seguinte função:

```
function F (E: in T) return TF;
```

e a extensão observável com índice de observabilidade  $m$ :

```
function FO (E: in T; E1: in T1; E2: in T2; ...; En: in Tn)
  return TF;
```

Para um teste exaustivo, o número extra de casos de teste requeridos seria um múltiplo de

$$|T1| * \dots * |Tn| \leq |T_{\max}|^m$$

$|Tn|$  denota a cardinalidade do domínio e  $|T_{\max}|$  é a cardinalidade máxima do domínio considerando todos os tipos de entrada.

O esforço extra, associado com as  $m$  entradas extras, depende dos seus tipos de dados.

Este fator é normalizado considerando o número efetivo de entradas binárias extras:

$$Ob = \log_2(|T1| * \dots * |Tn|)$$

onde  $Ob$  é a medida de observabilidade e corresponde ao número de entradas binárias extras requeridas para transformar em observável o componente de *software*.

Dada a seguinte sub-rotina:

procedure **P** (E: in  $T$ ; O1: out  $T1$ ; ...; Om: out  $Sm$ );

e a extensão controlável com índice de controlabilidade  $m$ :

procedure **PC** (E: in  $T$ ; OC1: out  $T1$ ; ...; Om: out  $Tm$ );

define-se:

$$Ct = \log_2(|T1| * \dots * |Tm|)$$

onde  $Ct$  é a medida de controlabilidade e corresponde ao número de saídas binárias que precisam ser modificadas para transformar em controlável o componente de *software*.

Nota-se que:

$$0 \leq Ob \leq m * \log_2(|T_{max}|)$$

$$0 \leq Ob \leq mm * \log_2(|T_{max}|)$$

Todo componente de *software* tem um grau de testabilidade que é intrínseco (GUPTA, 2009). Estas duas medidas ( $Ob$  e  $Ct$ ) dão a ideia do esforço necessário para os testes, depois de aumentarmos este grau de testabilidade.

Com o uso das extensões, observamos que testes adicionais precisarão ser realizados para validarmos estas extensões. Entretanto, é importante observar que os testes exigidos anteriormente eram fracos, pois não exercitaria o *software* da maneira adequada.

### 3.2- Razão domínio/variação

Voas e Miller (1995) apresentam a razão domínio/variação. Para isso, dividem a perda de informação entre implícita e explícita. A análise estática do código é usada para quantificar

o grau de perda de informações explícitas e a inspeção da especificação é usada para quantificar o grau de perda de informação implícita.

Investigações sugerem que o grau de perda de informação implícita que pode ocorrer durante a execução pode ser visível na especificação do programa. A métrica que pode dar esta informação é denominada de razão domínio/variação (DRR<sup>3</sup>). A DRR de uma especificação é a razão entre a cardinalidade do domínio de entrada e a cardinalidade do domínio de saída. É denotada por  $\alpha : \beta^4$ , onde  $\alpha$  é a cardinalidade do domínio de entrada e  $\beta$  é a cardinalidade do domínio de saída. Em geral, com o aumento da DRR para uma especificação, o potencial para perda de informação implícita em uma implementação para esta especificação também aumenta.

### 3.2.1 Relação Entre Perda de Informação e DRR

A perda de informação implícita é comum em muitos operadores internos das linguagens de programação modernas. Considere as funções listadas na tabela 2. Esta tabela mostra funções com diversos graus de perda de informação implícita e DRR. Uma função classificada como ‘sim’ para perda de informação implícita<sup>5</sup> tem maior probabilidade de produzir uma saída idêntica para diferentes parâmetros de entrada. Uma função classificada como ‘não’<sup>5</sup> sugere que diferentes parâmetros de entrada produziriam diferentes saídas. Considere o baixo grau de DRR da função ‘not’<sup>6</sup>. A função tem este grau devido ao fato das cardinalidades de entrada e saída serem iguais, ou seja,  $\alpha = \beta$ .

---

<sup>3</sup> Do termo original *domain/range ratio*, conforme definido por Voas (1992).

<sup>4</sup> Conforme notação utilizada por Voas e Miller (1995).

<sup>5</sup> Classificação dada pela terceira coluna na tabela 2.

<sup>6</sup> Função definida na tabela 2: Linha 14, Coluna 2.

	Função	Perda de Informação Implícita	DRR
1	$f(a) = \begin{cases} 0 & \text{if } a < 0 \\ a & \text{otherwise} \end{cases}$	sim	$\infty_I : \infty_I/2$
2	$f(a) = a + 1$	não	$\infty_I : \infty_I$
3	$f(a) = a \bmod b$	sim	$\infty_I : b$
4	$f(a) = a \text{ div } b$	sim	$\infty_I : \infty_I/b$
5	$f(a) = \text{trunc}(a)$	sim	$\infty_R : \infty_I$
6	$f(a) = \text{round}(a)$	sim	$\infty_R : \infty_I$
7	$f(a) = \text{sqr}(a)$	não	$2 \cdot \infty_R : \infty_R$
8	$f(a) = \text{sqrt}(a)$	não	$\infty_R : \infty_R$
9	$f(a) = a/b$	não	$\infty_R : \infty_R$
10	$f(a) = a - 1$	não	$\infty_I : \infty_I$
11	$f(a) = \text{even}(a)$	sim	$\infty_I : 2$
12	$f(a) = \text{sin}(a)$	sim	$\infty_I : 360$
13	$f(a) = \text{odd}(a)$	sim	$\infty_I : 2$
14	$f(a) = \text{not}(a)$	não	1 : 1
15	$f(a, b) = (a) \text{or}(b)$	sim	4 : 2

Tabela 2 - DRR e perda de informação implícita de várias funções;  $\infty_I$  é a cardinalidade dos números inteiros e  $\infty_R$  é a cardinalidade dos números reais. (VOAS; MILLER, 1995).

### 3.3- Análise de sensibilidade

Voas (1992) apresenta uma interessante técnica dinâmica para estimar estatisticamente três características de um programa: 1) A probabilidade de um local específico de um programa ser executado, 2) A probabilidade deste local afetar o estado do programa e 3) A probabilidade do estado produzido por este local afetar o resultado de saída do programa.

A técnica descrita é chamada de propagação, infecção e execução (PIE). Esta técnica é baseada nas técnicas de teste baseados em defeito e teste de mutação. Entretanto, PIE é distinta destas técnicas, pois não revela a existência de defeitos. Ao invés disso, identifica os locais de um programa onde defeitos, se existirem, são mais propensos a permanecerem escondidos durante a atividade de testes.

A análise de sensibilidade, com o uso das informações obtidas pela análise PIE, procura responder as seguintes questões: 1) Onde os recursos limitados de teste podem ser usados para obtermos mais benefícios? 2) Quando deveríamos usar uma outra técnica, diferente de teste, para validar nosso *software*? 3) Qual o grau de testes necessários para garantir que um determinado local, provavelmente, não está escondendo um defeito? 4) Quando precisamos reescrever o *software* para torná-lo menos propenso a esconder defeitos?

Um local no modelo PIE é uma atribuição, entrada, saída ou a condição associada a uma estrutura de programação. Para cada parte do modelo existe um algoritmo distinto.

### **3.3.1- Análise de Execução**

A análise de execução é um método baseado na estrutura de um programa. Ela estima a probabilidade da execução de um local<sup>7</sup> quando dados de entrada são selecionados a partir de uma distribuição de entrada indicando a probabilidade de execução de um determinado comando. Esta probabilidade é determinada pelo número de vezes que um local é executado em relação ao total de casos de teste executados. Por exemplo, se 100 casos de teste são executados e o local é exercitado para 40 destes testes, a probabilidade de execução é 0,4.

### **3.3.2- Análise de Infecção**

Para estimar a probabilidade de infecção é realizada uma série de mutações sintáticas de um determinado local do programa. Após cada mudança, o programa é re-executado com dados de entrada aleatórios. Os estados dos programas mutantes são então comparados com o estado do programa original, considerando o mesmo local de execução. Se o estado de um programa mutante for diferente do estado do programa original, é dito que aconteceu uma infecção. A probabilidade de infecção é determinada pelo número de vezes que um local é infectado em relação ao total de casos de teste executados. Por exemplo, se 100 casos de teste são executados e o local é infectado para 20 destes testes, a probabilidade de infecção é 0,2.

### **3.3.3 Análise de Propagação**

A análise de propagação estima a probabilidade de propagação de locais do programa com infecções simuladas. Um determinado local do programa é monitorado durante a execução de testes aleatórios. Após a execução do local, o estado resultante do programa é infectado, atribuindo um valor aleatório para algum dado deste estado. Em seguida, o programa continua a execução dos comandos subsequentes até um resultado de saída. O resultado obtido pela saída do programa executado com a infecção é então comparado com o resultado que seria obtido pela saída do programa original, com os mesmos dados de teste, mas sem a infecção simulada. Se os resultados de saída forem diferentes, é dito que ocorreu a propagação. A probabilidade de propagação é determinada pelo número de vezes que com o

---

<sup>7</sup> O termo local refere-se a um determinado comando de um programa.



uso de um local com infecção simulada se obtém um resultado de saída diferente do estado de saída do programa original com o mesmo dado de teste em relação ao total de casos de teste executados. Por exemplo, se 100 casos de teste são executados e há a propagação do estado incorreto do programa para 10 destes testes, a probabilidade de propagação é 0,1.

### 3.3.4 Estimativas Resultantes

Quando análise de sensibilidade é finalizada, três conjuntos de probabilidades estimadas para cada local no programa são obtidos.

Para um teste aleatório identificar a presença de um defeito, deve ocorrer a execução, a infecção e a propagação. Neste caso, a execução resulta em uma falha. A análise de sensibilidade usa os dados da análise PIE para estimar a probabilidade mínima de um local com defeito, se o defeito existir, gerar uma falha. Assim, esta análise ordena os locais do programa baseado em sua habilidade em esconder defeitos.

Desta forma, o produto da média das estimativas resulta na probabilidade estimada de falha se este local tivesse um defeito. A sensibilidade de um local é a predição da probabilidade mínima que um defeito no local irá resultar em uma falha na execução do programa. Se um local tem sensibilidade 1.0 para um conjunto de dados de testes, então é previsível que cada entrada do conjunto de dados de teste resultará em uma falha na execução do programa. Se o local tem sensibilidade 0.0 para um conjunto de dados de testes, então é previsível que não importa se um defeito está presente no local, nenhum dado de entrada do conjunto de dados de teste poderá revelar o defeito durante o teste.

## 4- Obtendo testabilidade

A busca por testabilidade foca no desenvolvimento de testes de forma mais simples, utilizando a especificação e os recursos disponíveis em um projeto de *software*. Vários fatores contribuem para a baixa testabilidade de um sistema, portanto diversas técnicas são propostas para minimizar esse problema.

Pettichord (2002) sugere aumentar a visibilidade para prover maior testabilidade a um programa. Esse atributo permite observar os resultados, efeitos colaterais e os estados internos de um *software*. É basicamente a disponibilidade proporcionada para acesso ao código fonte, documentos de projetos e os registros de mudança do programa.

Outra técnica sugerida é a utilização de saídas explícitas, chamadas de modo *verbose*. Essa técnica permite a visualização da operação interna de um *software*. Se considerarmos,

por exemplo, o envio de um email em sistemas UNIX, o que o usuário terá em sua interface será basicamente os parâmetros passados para realizar o envio, entretanto, utilizando o modo *verbose*, é possível que ele acompanhe a comunicação entre o cliente e o servidor e verifique todas as operações. A técnica de *verbose* nada mais é do que uma verificação de eventos (*logging*). Um *log* torna mais fácil o entendimento da operação de um sistema, pois facilita a identificação de falhas, permitindo então a depuração. Um bom arquivo de *log*, do ponto de vista da testabilidade, deve incluir as seguintes informações: eventos de usuários, processamentos significativos do sistema, marcos principais do sistema como inicialização ou desligamento, assim como estabelecimento de conexões, estados inconsistentes ou inesperados do programa, eventos não usuais e conclusão das operações.

Outra técnica muito útil para facilitar os testes é a injeção de defeitos. Através dela é possível que o testador realize uma simulação do comportamento do sistema diante de uma situação específica. Uma possível aplicação seria o teste referente ao comportamento do programa durante o armazenamento de um determinado tipo de arquivo em um local com espaço de armazenamento insuficiente. Ao invés do testador, por exemplo, ter que preencher a mídia de armazenamento para então realizar os testes, basta ele injetar um defeito que possibilite a simulação desta situação.

Segundo Pettichord (2002), as interfaces de programação<sup>8</sup> proporcionam maior testabilidade a um *software*. Este tipo de interface possibilita a automação do processo de teste, ao contrario das interfaces gráficas de usuário.

#### **4.1- Minimização da perda de informação**

Voas e Miller (1995) mencionam as características desejáveis para que um projeto de *software* tenha robustez em relação à perda de informação. Se o teste para avaliação do *software* for do tipo caixa-preta<sup>9</sup> então uma grande quantidade de teste é necessária para se estabelecer uma pequena probabilidade de falhas. Para reduzir esse número de testes uma de duas técnicas podem ser utilizadas: 1) selecionar teste com grande potencial para revelar defeitos; 2) projetar *softwares* com grande habilidade de falhar quando defeitos existem.

Fica claro que programas com maior probabilidade de ocultar defeitos tornam a tarefa de teste mais complexa. Assim, Voas e Miller (1995) propõem métodos para identificar partes

---

<sup>8</sup> Dados, funções ou sub-rotinas que podem ser acessadas programaticamente.

<sup>9</sup> Um teste caixa-preta examina aspectos funcionais de um *software*, não se preocupando com a estrutura lógica interna deste *software* (PRESSMAN, 2001).

do código com maior probabilidade disto acontecer e, desta forma, concentrar os esforços de teste nestas partes.

O primeiro método proposto pelos autores é o isolamento de perdas de informação implícita através da decomposição de especificação. Essa decomposição é feita de tal forma que os componentes do programa são divididos e então é possível verificar qual deles tem maior DRR, o que permite ao testador saber qual o nível do teste que deve ser aplicado. Outro método sugerido de Voas e Miller (1995) para minimizar a perda de informação é a redução da perda de informação explícita através do aumento dos parâmetros de saída.

#### 4.2- Extensões testáveis para testabilidade de domínio

Dentro da testabilidade de domínio, podem-se criar extensões para aumentar o grau de testabilidade de determinados componentes de um *software*. Fredman (1991) propõe duas extensões: a extensão de observabilidade e a extensão de controlabilidade.

De maneira formal, uma extensão de observabilidade é dada da seguinte forma:

Consideremos que  $\mathbb{F}$  denota a expressão

```
function  $\mathbb{F}$ (E: in  $T$ ) return  $TF$ ;
```

$\mathbb{F}$  tem uma extensão observável com índice de observabilidade  $m$  se existir um

procedimento observável  $\mathbb{FO}$  definido como

```
function  $\mathbb{FO}$  (E: in  $T$ ; E1: in  $T1$ ; ...; E: in  $Tn$ )  
return  $TF$ ;
```

Tal que para toda entrada de  $\mathbb{F}$  exista entradas para  $\mathbb{FO}$ , da forma

$$F(E) = FO (E1, E2, \dots, En)$$

Por exemplo, a função

```
function F(X: in INTEGER) return INTEGER is
begin
  return x * VARIAVEL_GLOBAL;
end F;
```

Tem uma extensão observável FO

```
function FO(X: in INTEGER, G: in INTEGER) return INTEGER is
begin
  return x * G;
end F;
```

Além da extensão de observabilidade, Fredman (1991) também formaliza a extensão de controlabilidade, que é dada da seguinte forma:

Consideremos a função F, denotada por

```
function F (E1: in T1; ...; En: in Tn) return TF;
```

F tem uma extensão controlável se existe um tipo TC que é um subconjunto de TF e

uma função de expressão controlável FC definida por

```
function FC (E: in T; E1: in T1; E2: in T2; ...; En: in Tn)
  return TC;
```

Tal que para todas as entradas e qualquer estado s para F, existe um estado s\* para FC dado que:

$$F(E1, \dots, En) = FC (E1, \dots, En)$$

Por exemplo, a função  $\mathbb{G}$

```
POSITIVE = {0,1,2,...,MAX_INTEGER}
function G(X: in POSITIVE) return POSITIVE is
begin
    return x mod 3;
end G;
```

Possui uma extensão controlável GC

```
Type SMALL is POSITIVE range 0..2;
function GC(X: in POSITIVE) return SMALL is
begin
    return SMALL(x mod 3);
end GC;
```

GC é controlável pois o conjunto de valores que é retornado é o mesmo denotado pelo tipo de retorno SMALL:

$$\{GC(E) \text{ para todo } E\} = \{0,1,2\} = \text{SMALL}$$

Além disso, para todos os estados  $s$  de  $\mathbb{G}$ , existe um  $s^*$  para GC tal que:

$$G(E) = GC(E)$$

## 5- Conclusão

A testabilidade está ligada à dificuldade de se testar um sistema de forma adequada e à ideia de onde os defeitos podem existir sem se manifestar. A capacidade de entender estes conceitos e trabalhar com as limitações impostas determinam a qualidade da atividade de testes e conseqüentemente a confiabilidade e a qualidade de um *software*.

Freedman (1991) menciona que a métrica para testabilidade de domínio pode ser usada antes da implementação. Isso realmente é verdade, entretanto há a necessidade de já haver uma especificação muito próxima ao que será implementado. Outra desvantagem desta

medida é que ela só pode ser obtida após a criação de uma extensão do componente original. A DRR pode nos dar uma visão da testabilidade em um estágio bem inicial da especificação, pois pode ser obtida apenas através da análise da interface dos componentes de *software*. Desta forma, pode-se usar a métrica para pensar em implementações que minimizem este problema. A análise de sensibilidade consegue apresentar uma visão geral da testabilidade de um *software*. Entretanto, é uma medida que só pode ser utilizada após a fase de implementação.

A utilização em conjunto dos conceitos vistos, pode levar a melhora de todo o processo de desenvolvimento. A DRR poderia ser um excelente termômetro para avaliar os módulos onde haveria mais perda de informação e conseqüentemente, um menor grau de testabilidade. Neste ponto, a decomposição da especificação poderia ajudar a reduzir ou isolar os componentes problemáticos. Em um segundo momento, poderíamos fazer uso dos conceitos de testabilidade de domínio para construir extensões testáveis dos componentes com maior DRR. Finalmente, a análise de sensibilidade poderia ser usada para avaliar o *software* como um todo, dando pistas dos locais onde os testes deveriam ser realizados com um maior grau de atenção.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PRESSMAN, Roger S.. **Software Engineering: A Practitioner Approach**. 5. ed. New York: McGraw-hill, 2001.

CHOWDHARY, Vishal. **Practicing Testability in the Real World**. IEEE Computer Society, n. , p.260-268, 2009.

GUPTA, S. C.; SINHA, M. K.. **Impact of Software Testability Considerations on Software Development Life Cycle**. IEEE Computer Society, n., p.105-110, 2009.

BACH, James. **Heuristics of Software Testability**, 2003.

GAO, Jerry. **Component Testability and Component Testing Challenges**. Washington DC, 2000.

MICROSOFT. **Improving the Testability of Software**. Disponível em: <<http://msdn.microsoft.com/en-us/library/cc500353.aspx>>. Acesso em: 23 nov. 2009.

THE INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, 1990, New York. **IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology**. New York: The Institute Of Electrical And Electronics Engineers, 1990.

VOAS, Jeffrey; MILLER, Keith W.. **Software Testability: The New Verification**. IEEE Software, p. 17-28. 1995.

FREEDMAN, Roy S.. **Testability of Software Components**. IEEE Transactions On Software Engineering, n. , p.553-564, 1991

VOAS, Jeffrey M.. **PIE: A Dynamic Failure-Based Technique**. IEEE Transactions On Software Engineering, n., p.717-727, 1992.

PETTICHORD, Bret. **Design for Testability**. In: STAR WEST, Anaheim, California, 2002.

## BUSINESS INTELLIGENCE – A TRANSFORMAÇÃO EM INFORMAÇÕES E APRESENTAÇÃO GRÁFICA DE DADOS DE VENDAS DE UMA EMPRESA

Clifor Travaini<sup>1</sup> e Carlos Eduardo Camara<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Solução Informática Jundiaí Ltda., Jundiaí, SP, Brasil, Email: [clifortravaini@gmail.com](mailto:clifortravaini@gmail.com)

<sup>2</sup>Centro Universitário Padre Anchieta, Jundiaí, e FATEC, Americana, SP, Brasil, EMAIL: [dinhocamara@gmail.com](mailto:dinhocamara@gmail.com)

### RESUMO

Este artigo tem como objetivo principal desenvolver um protótipo de um sistema de *Business Intelligence* com o intuito de demonstrar um estudo sobre uma metodologia capaz de transformar dados do departamento de vendas de uma empresa em informações para auxiliar os gestores através da geração de relatórios e visões gráficas, para antecipar e facilitar a tomada de decisões. Os relatórios e gráficos serão desenvolvidos para plataforma *web*, um requisito imprescindível hoje em dia, uma vez que as informações devem estar disponíveis para acesso independente de uma localização fixa de quem tomará decisões, o que torna um diferencial positivo para o sistema.

**Palavras chave:** Business Intelligence, Scriptcase, Data Warehouse, PostgreSQL.

### ABSTRACT

This article's main objective is to develop a prototype of a Business Intelligence system in order to demonstrate a study on a methodology capable of transforming data in the sales department of an enterprise information to help managers through reporting and graphic views, to anticipate and facilitate decision-making. The reports and graphs will be developed for the Web platform, a prerequisite these days, since the information must be available for independent access from a fixed location who will decide what makes a positive difference to the system.

**Keywords:** Business Intelligence, Scriptcase, Data Warehouse, PostgreSQL.

---



## 1. INTRODUÇÃO

O conceito de *Business Intelligence* é válido para todas as empresas de diferentes ramos de atividade. Embora hoje em dia seja mais utilizado por grandes organizações, todas necessitam de indicadores de desempenho e informações para tomada de decisões rápidas e eficientes. É um erro muito comum das empresas pensarem que *Business Intelligence* termina com sua implantação, este processo deve ser contínuo para se promover uma melhoria na apresentação e obtenção das informações.

Permitir às empresas conhecer melhor seu próprio negócio, ter maior precisão nas tomadas de decisões e, como consequência, aumentar sua competitividade no segmento, reduzindo custos e melhorando o desempenho da sua corporação é necessidade real de toda empresa. (IMASTERS, 2010).

*“Nas organizações, é atribuída ao administrador a capacidade de decisão na condução dos negócios, lembrando que o resultado da decisão tomada por ele tanto pode resultar no sucesso de um empreendimento, quanto na sua falência”* (PRIMAK, 2008).

As ferramentas de *Business Intelligence* cada vez mais se tornam indispensáveis para auxiliar na análise dos dados e apoiar a tomada de decisões, sendo aplicada tanto em avaliações de desempenho quanto no planejamento estratégico da empresa. (FIGUEIREDO, 2010).

## 2. OBJETIVO

Este trabalho mostra como desenvolver um sistema de *Business Intelligence* com foco em representar de forma gráfica os dados do setor de vendas de uma empresa.


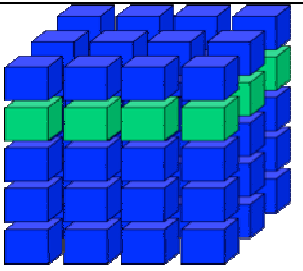
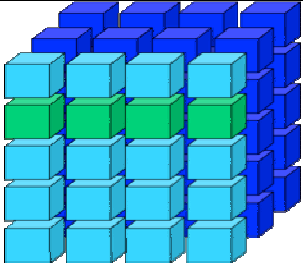
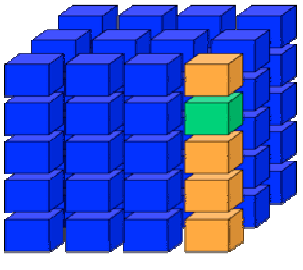
Desenvolveu-se um *dashboard* como *front-end* no qual o gestor terá acesso a um módulo filtro, como mostrado na seção, vide Figura 6. Através deste filtro será possível selecionar vários parâmetros para formação dos *grid's* e gráficos permitindo diversas combinações para análise das informações.

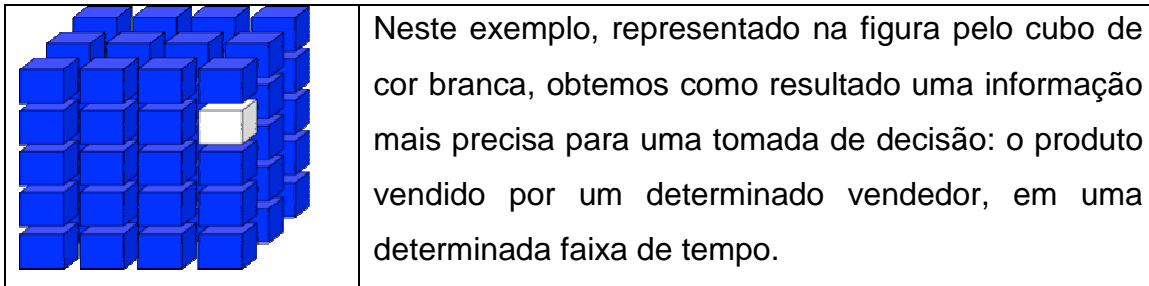
Partiu-se do pressuposto que o banco de dados já esteja criado respeitando o modelo, conforme indicado na Figura 3, e suas tabelas carregadas com dados.

### 3. FILTRANDO DADOS E ENCONTRANDO INFORMAÇÕES:

O Quadro 1 apresenta uma representação gráfica de exemplo do processo para extrair do banco de dados, apenas os produtos de um determinado vendedor em uma determinada faixa de tempo.

Quadro 1 – Filtrando dados e encontrando informações.

	<p>Representação dos dados de vendas no banco de dados mostrados pelos cubos de cor azul.</p>
	<p>Primeiro passo é seleccionar o eixo da dimensão de vendedor, mostrado pelos cubos de cor verde, demarcando uma linha.</p>
	<p>Segundo passo é seleccionar o eixo da dimensão de produto, mostrado pelos cubos de cor azul claro, demarcando uma coluna e a sua intersecção, representado pelos cubos de cor verde, apenas os produtos vendidos pelo tal vendedor.</p>
	<p>Terceiro passo é seleccionar o eixo da dimensão tempo, mostrado pelos cubos de cor laranja, demarcando na sua intersecção, representado pelo cubo de cor verde, apenas as vendas do vendedor do produto e no tempo escolhido.</p>



## 4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 4.1. BUSINESS INTELLIGENCE

“O termo *Business Intelligence* surgiu na década de 80 no Gartner Group e faz referência ao processo inteligente de coleta, organização, análise, compartilhamento e monitoração de dados contidos em *Data Warehouse / Data Mart*, gerando informações para o suporte à tomada de decisões no ambiente de negócios” (PRIMAK, 2008).

O desafio de todo administrador é a análise dos dados de diversas fontes da sua organização e é seu dever detectar tendências, problemas e tomar decisões rápidas e eficientes. A partir desta necessidade surgiu o conceito de *Business Intelligence*.

Em resumo, podemos dizer que o *Business Intelligence* é um sistema que coleta informações de diversas fontes de dados, as transforma e torna verdadeiras essas informações e as converte em conhecimento estratégico. (FREITAS FILHO, 2010).

### 4.2. DATA MART (DM)

*Data Mart* são pequenos grupos de armazenamento dentro das organizações. Eles atendem à unidades específicas de negócio dentro de uma empresa, como por exemplo vendas, compras, financeiro, estoque, entre outros.

As diferenças entre *Data Mart* e *Data Warehouse* são apenas em relação ao tamanho e escopo do problema a ser resolvido. Enquanto um *DM* trata de um problema departamental, um *DW* apresenta uma visão geral da Empresa. (CRAMER, 2010).

### 4.3. DATA WAREHOUSE (DW)

Um Data Warehouse (ou armazém de dados, ou depósito de dados no Brasil) é um sistema de computação utilizado para armazenar informações relativas às atividades de uma organização em bancos de dados, de forma consolidada. O desenho da base de dados favorece os relatórios, a análise de grandes volumes de dados e a obtenção de informações estratégicas que podem facilitar a tomada de decisão. (DW, 2010).

O Data Warehouse consiste em organizar os dados corporativos de maneira integrada, com



variável de tempo e gerando uma única fonte de dados, que será utilizada para abastecer os *Data Marts*. Isso permitirá que os administradores das empresas tomem decisões embasadas em fatos autênticos, cruzando informações de diversas fontes, diminuindo assim os erros e tornando ágil a tomada de decisão. (CRAMER, 2010).

O fluxo de dados entre o *Data Warehouse* e os *Data Marts* pode ser bi-direcional, isso depende da implementação e da necessidade de cada empresa. Na Figura 1, é mostrado o diagrama de fluxo das informações.

Figura 1- Fluxo de dados entre Data Warehouse e Data Marts.

## 5. PROJETO DO SISTEMA

### 5.1. DIAGRAMA DAS APLICAÇÕES

A Figura 2 mostra o diagrama das aplicações do projeto de *Business Intelligence*.

O diagrama das aplicações representa de forma simples e objetiva a estrutura e funcionamento do sistema. Cada retângulo no diagrama corresponde a uma aplicação e as setas indicam uma passagem de nível. No primeiro nível, temos a ligação das aplicações de login, menu e aba. O formulário de aba possui dois tipos de ligação. A primeira é através de uma passagem de nível diretamente para as aplicações de container que se conectam diretamente com os formulários de grid e de gráfico quando se pode agrupar e ordenar utilizando comandos SQL. O segundo tipo de ligação ocorre pela necessidade da preparação dos dados utilizando programação php, neste caso o formulário de aba fica ligado a um formulário de controle como mostrado na Figura 2 e representado pelos retângulos de cor verde no qual é utilizado para um pré-processamento, com o objetivo de auxiliar na montagem do grid e gráfico.

A direita da figura fica representada as aplicações do tipo grid com passagem de nível *drill-up* e *drill-down*, esta ligação está representada por setas bi-direcionais.

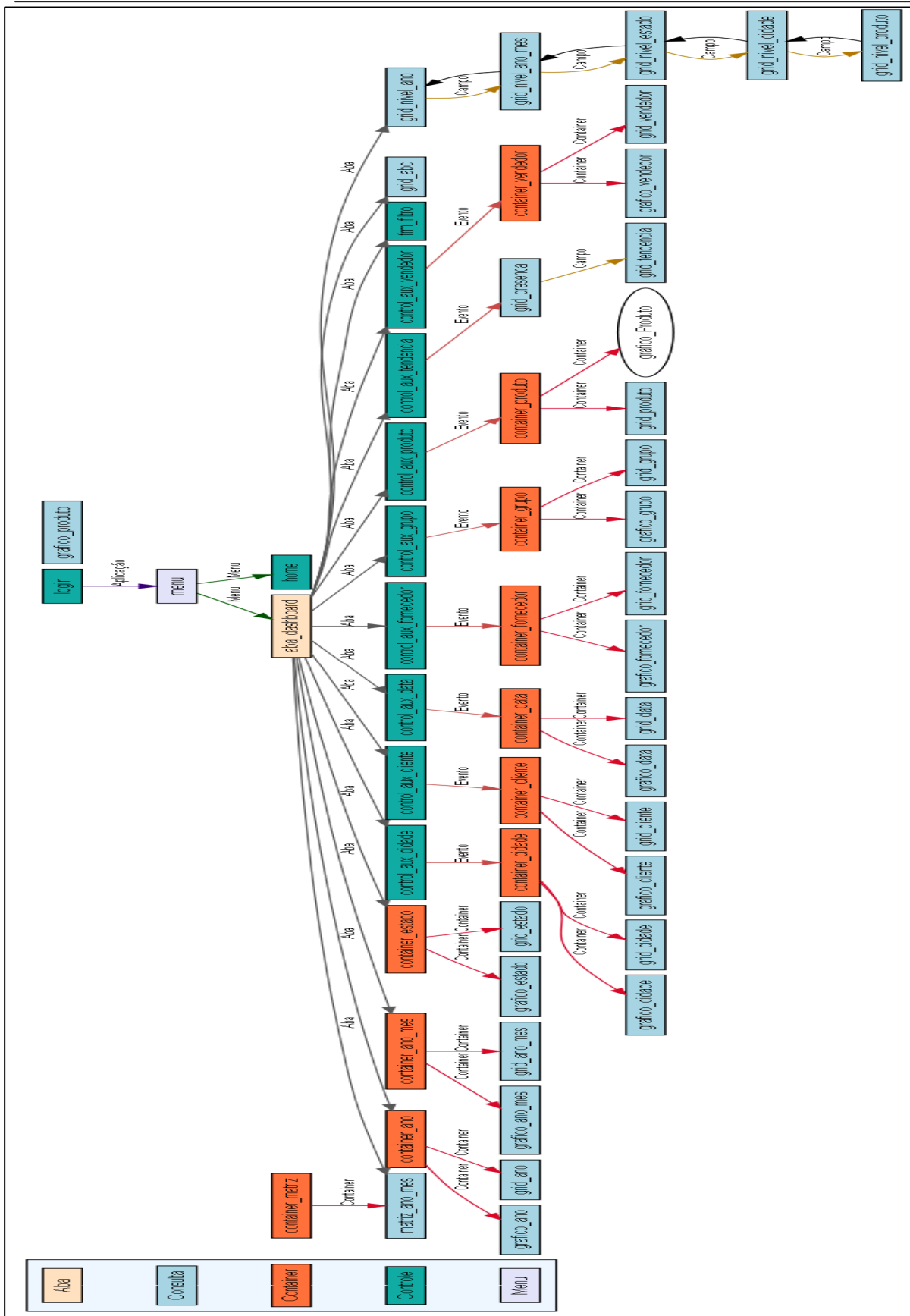


Figura 2- Diagrama das aplicações.

### 5.2. DIAGRAMA DO BANCO DE DADOS

A figura 3 mostra o diagrama do banco de dados do projeto de *Business Intelligence* da área de vendas que utiliza o esquema estrela.

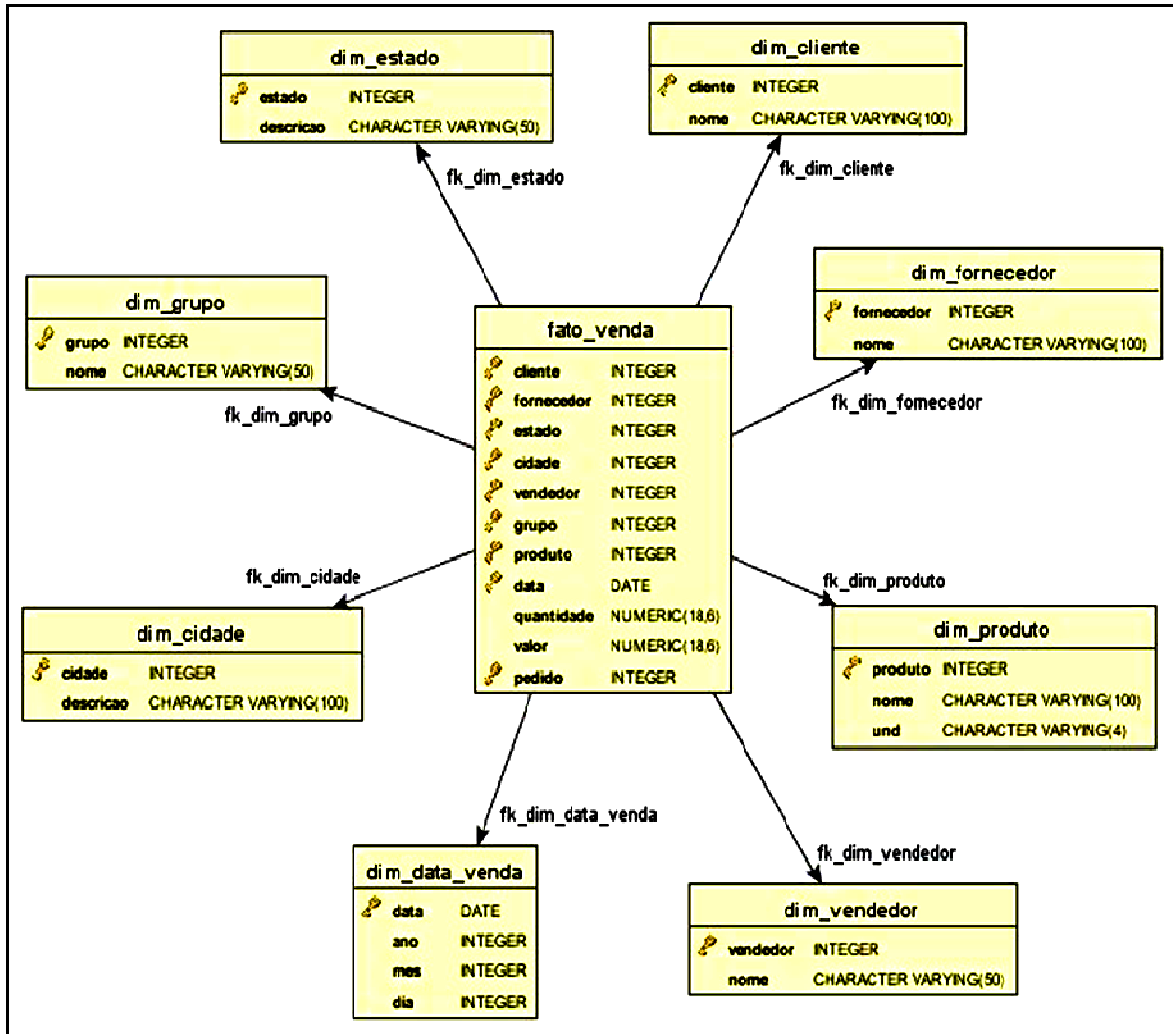


Figura 3- Diagrama do Banco de Dados.

O esquema estrela é uma metodologia de modelagem de dados muito utilizada no desenho de um *Data Warehouse*. A figura 3 ilustra um modelo no qual um único objeto (tabela fato) fica no meio e é ligada aos outros objetos (tabelas dimensões) como uma estrela. Cada dimensão é representada como uma única tabela. As chaves primárias de cada tabela de dimensão estão relacionadas com uma *foreign key* na tabela fato. Desta forma, a consulta ocorre inicialmente nas tabelas de dimensão e depois nas tabelas de fatos, assegurando a precisão dos dados por meio de uma estrutura de chaves. A partir deste procedimento, torna-se desnecessário

percorrer todas as tabelas o que garante um acesso mais eficiente e com melhor desempenho. (KIMBALL, 2002).

## 6. FERRAMENTAS DE DESENVOLVIMENTO

### 6.1. FRAMEWORK SCRIPTCASE

É um ambiente completo de desenvolvimento de aplicações *web* em *PHP* com uso da tecnologia *AJAX*. O desenvolvimento é feito diretamente no *browser*, permitindo integração da equipe de desenvolvimento além de possibilitar o desenvolvimento colaborativo. Suporta os bancos de dados mais usados no mercado (Oracle, DB2, MS-SQLServer, ODBC, Name, Interbase, Mysql, Postgresql, Sybase, MS Access, entre outros) e as aplicações geradas são totalmente independentes da ferramenta, sendo compatível com *Windows*, *Linux*, *Mac OsX*, *Freebsd*, *AS/400*. Suporta os *browsers Internet Explorer*, *Google Chrome*, *Firefox* e *Opera*. (SCRIPTCASE, 2010).

É uma ferramenta onde os *forms* criados já veem com funcionalidades que custariam boas horas de codificação. Outro ponto forte são os relatórios/consultas criados apenas informando um comando *SQL* e, surpreendentemente, instruções *SQL* complexas podem ser usadas tais como *subselects*, *joins* e até *stored procedures*. Permite também escrever rotinas *PHP* para tratar exceções, criar validações mais complexas e implementar regras de negócio. (NETMAKE, 2010).

Ainda é possível criar programas para a infra-estrutura de sistemas como menus, telas de *login*, programas do tipo tabelas para agrupar formulários / consultas rodando na mesma página. Permite configurações avançadas para que as aplicações geradas atendam a requisitos complexos dos sistemas. Uma grande vantagem da ferramenta é um gerador de documentação que pode integrar toda a equipe. (NETMAKE, 2010).

### 6.2. BANCO DE DADOS POSTGRESQL

O Postgresql é um sistema de gerenciamento de banco de dados objeto-relacional com uma arquitetura que comprovadamente ganhou forte reputação de confiabilidade, integridade de dados e conformidade a padrões. Com o departamento de TI das empresas cada vez mais olhando para o retorno sobre os investimentos feitos, mais empresas escolhem este banco de



dados como a melhor alternativa para servidor de banco de dados corporativo. (POSTGRESQL, 2010).

Suportado em todos os grandes sistemas operacionais, tem suporte completo a chaves estrangeiras, junções, visões e gatilhos. Inclui a maior parte dos tipos de dados, incluindo integer, numeric, boolean, char, varchar, date, interval e timestamp. Suporta também o armazenamento de objetos binários incluindo figuras, sons ou vídeos, além de possuir uma excepcional documentação.

É altamente escalável, tanto na quantidade de dados que pode gerenciar, quanto no número de usuários concorrentes que pode acomodar. (POSTGRESQL, 2010).

### 6.2.1. LIMITAÇÕES TÉCNICAS DO POSTGRESQL

A Tabela 1 mostra as limitações do banco de dados Postgresql:

Tabela 1 – Limitações do banco de dados Postgresql.

Tamanho máximo de uma tabela	64 Terabytes
Tamanho máximo de um registro	Ilimitado para a versão 7.1 e posteriores
Tamanho máximo de um campo	1 Gigabyte para a versão 7.1 e posteriores
Máximo de linhas numa tabela	Ilimitado
Máximo de colunas numa tabela	1600 colunas
Máximo de índices numa tabela	Ilimitado

Naturalmente, estes valores não são ilimitados, pois dependem de recursos do sistema operacional como espaço em disco, memória, *swap*, entre outros. (POSTGRESQL, 2010).

## 7. APRESENTAÇÃO DO PROJETO

A Figura 4 mostra os módulos que compõe o sistema de Business Intelligence.

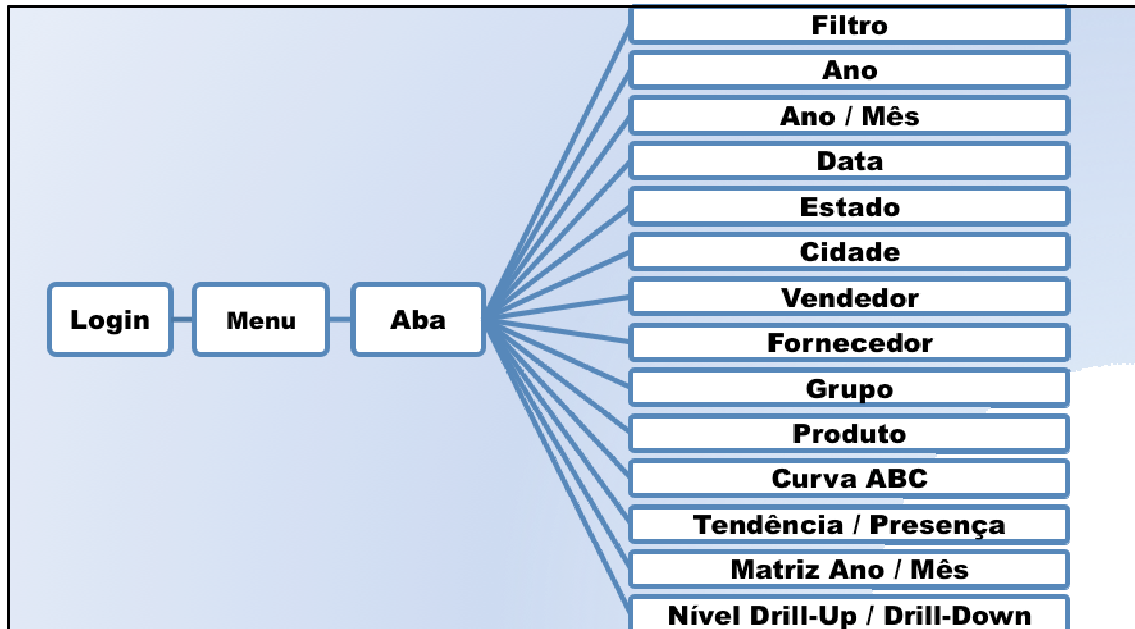


Figura 4 - Diagrama dos módulos do sistema de Business Intelligence.

Para o desenvolvimento do projeto, o Framework Scriptcase e o banco de dados Postgresql foram instalados em um servidor com Windows Server 2008 R2 Enterprise (x64 - English) com processador Intel® Core™ I7 Cpu 930 @ 2.80GHz, 8Gb de Ram. Para acesso como cliente, foi utilizado um notebook Dell Inspiron Intel® Core™ Duo Cpu P8700 @ 2.54GHz, Ram 4Gb e sistema operacional Windows 7 Home Basic (x64 - Português).

O projeto funciona no modelo de 4 camadas. Para camada de cliente, foram utilizados os navegadores Internet Explorer, Google Chrome e Mozilla Firefox tanto para desenvolvimento, testes e execução das aplicações. Na camada de apresentação foi utilizado o servidor web Apache, mas podendo ser qualquer outro com suporte a PHP. A camada de lógica está no servidor de aplicações o que garante a centralização das regras de negócio e a facilidade em manter as aplicações atualizadas. Para camada de dados que serve como repositório das informações foi utilizado o SGDB Postgresql 9.0.

Importante salientar que as camadas não precisam, necessariamente, estar em servidores separados, isto é, uma máquina para fazer o papel de cada servidor. Podemos ter servidor de aplicação, web e dados em um mesmo equipamento e claro que por questões de desempenho esta é uma decisão a ser analisada.

### 7.1. HOME

No módulo Home são visualizadas informações quantitativas das tabelas do banco de dados, um bloco na primeira linha com o total geral das vendas, abaixo o bloco da esquerda mostra uma estatística de quantidade de registros no banco de dados para cada tabela de dimensão e à direita as médias de valores por dimensão.

A figura 5 exhibe a tela do módulo Home do sistema de *business intelligence*:

Total de Vendas			
Total Geral		22.125.503,90	
Quantidade de:		Valor Médio de Vendas de:	
Quantidade de Estados	2	Média por Estado	11.062.791,95
Quantidade de Clientes	3.628	Média por Cliente	6.098,56
Quantidade de Fornecedores	57	Média por Fornecedor	389.168,13
Quantidade de Vendedores	49	Média por Vendedor	451.542,52
Quantidade de Cidades	188	Média por Cidade	117.689,27
Quantidade de Produtos	2.925	Média por Produto	7.564,30
Quantidade de Grupos	163	Média por Grupo	135.739,77
Quantidade de Pedidos	134.745	Média por Pedido	164,20

Figura 5 - Módulo Home do Sistema de Business Intelligence.

### 7.2. MÓDULO FILTRO

No módulo Filtro, através dos campos duplo-select, são selecionados os parâmetros para geração de todos os *grids* e gráficos do sistema de *business intelligence*. Com este recurso o gestor da empresa tem a possibilidade de realizar inúmeras combinações para que visualize nos demais módulos as informações para tomada de decisões com maior precisão e agilidade.

A figura 6 exhibe a tela do módulo Filtro do sistema de *business intelligence*:

Figura 6 - Módulo Filtro do Sistema de Business Intelligence.

### 7.3. MÓDULO ANO

No módulo Ano, é exibido ao lado esquerdo um grid e ao lado direito um gráfico que mostra as vendas por ano, respeitando o conteúdo selecionado no filtro. Com este módulo o gestor visualiza ano a ano o crescimento ou não da empresa, e assim avaliar a real viabilidade do negócio.

A figura 7 exibe a tela do módulo Ano do sistema de *business intelligence*:

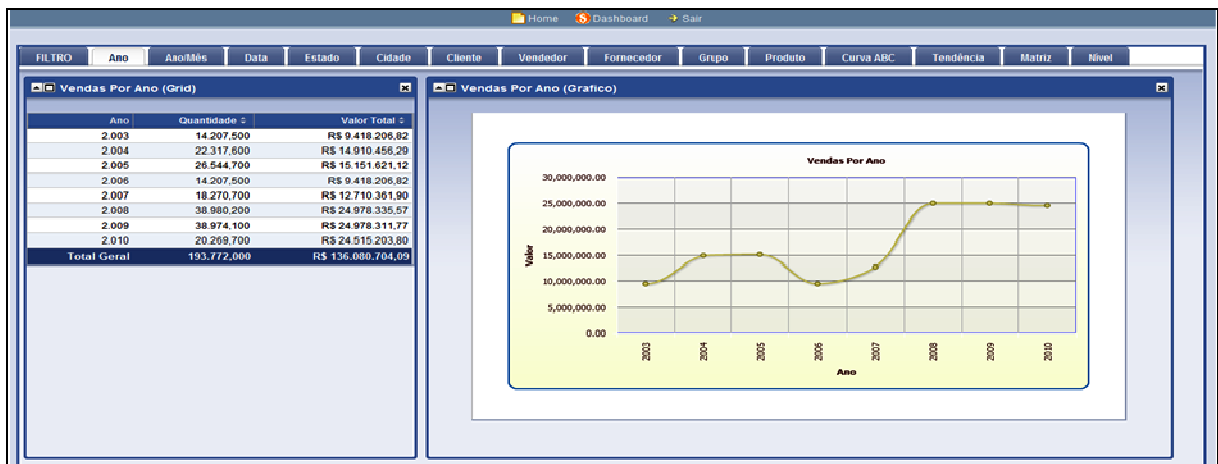


Figura 7 - Módulo Ano do Sistema de Business Intelligence.

### 7.4. MÓDULO ANO / MÊS

No módulo Ano / Mês, é exibido ao lado esquerdo um grid e ao lado direito um gráfico que mostra as vendas por ano / mês, respeitando o conteúdo selecionado no filtro. Este módulo auxilia o gestor a visualizar dentro de cada ano e separado por mês o desempenho da empresa, com a possibilidade de descobrir o mês que vendeu melhor e pior dentro de cada ano.

A figura 8 exibe a tela do módulo Ano / Mês do sistema de *business intelligence*:

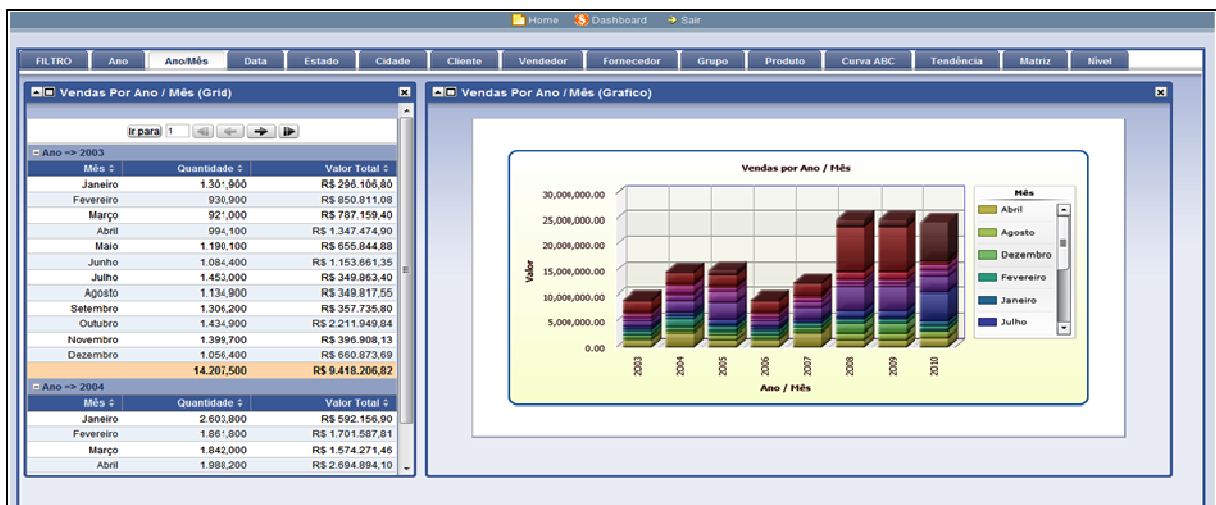


Figura 8 - Módulo Ano / Mês do Sistema de Business Intelligence.

### 7.5. MÓDULO ESTADO

No módulo Estado, é exibido ao lado esquerdo um grid e ao lado direito um gráfico que mostra as vendas por Estado, respeitando o conteúdo selecionado no filtro. Com estas informações o gestor visualiza o desempenho de cada estado gerando base concreta para uma tomada de decisão.

A figura 9 exibe a tela do módulo Estado do sistema de *business intelligence*:

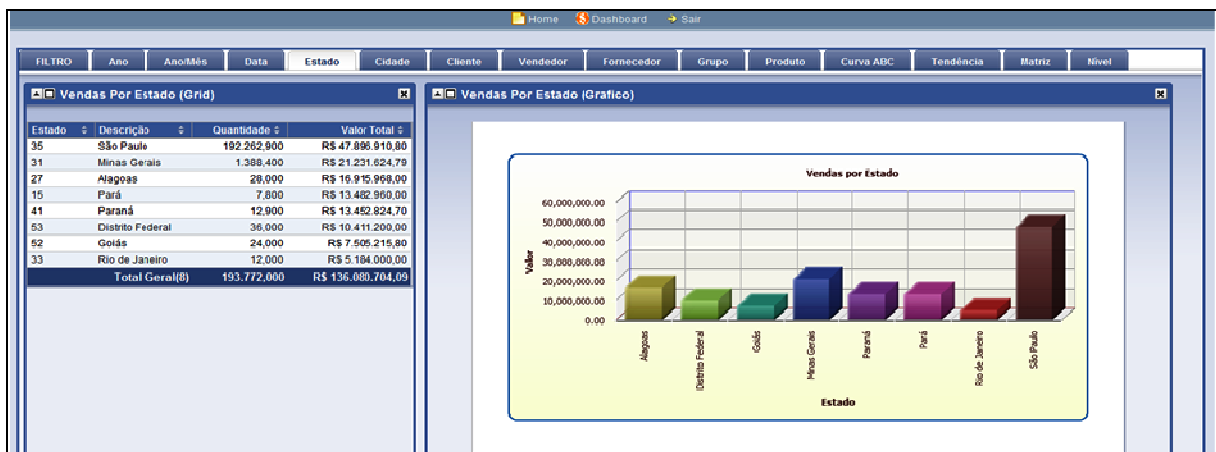


Figura 9 - Módulo Estado do Sistema de Business Intelligence.

### 7.6. MÓDULO VENDEDOR

No módulo Vendedor, é exibido ao lado esquerdo um grid e ao lado direito um gráfico que mostra as vendas dos 15 melhores vendedores, respeitando o conteúdo selecionado no filtro. Neste módulo, é possível analisar o desempenho de cada vendedor filtrando os melhores e

possibilitando uma tomada de decisão para melhorar a performance de cada um. A figura 10 exibe a tela do módulo Vendedor do sistema de *business intelligence*:

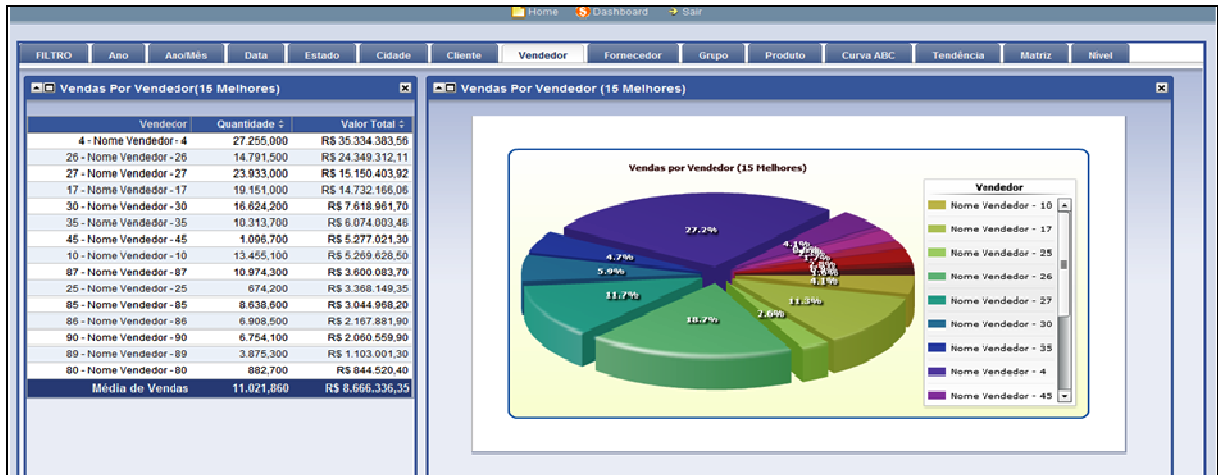


Figura 10 - Módulo Vendedor do Sistema de Business Intelligence.

### 7.7. MÓDULO CURVA ABC

A figura 11 exibe a tela do módulo Curva ABC do sistema de *business intelligence*:

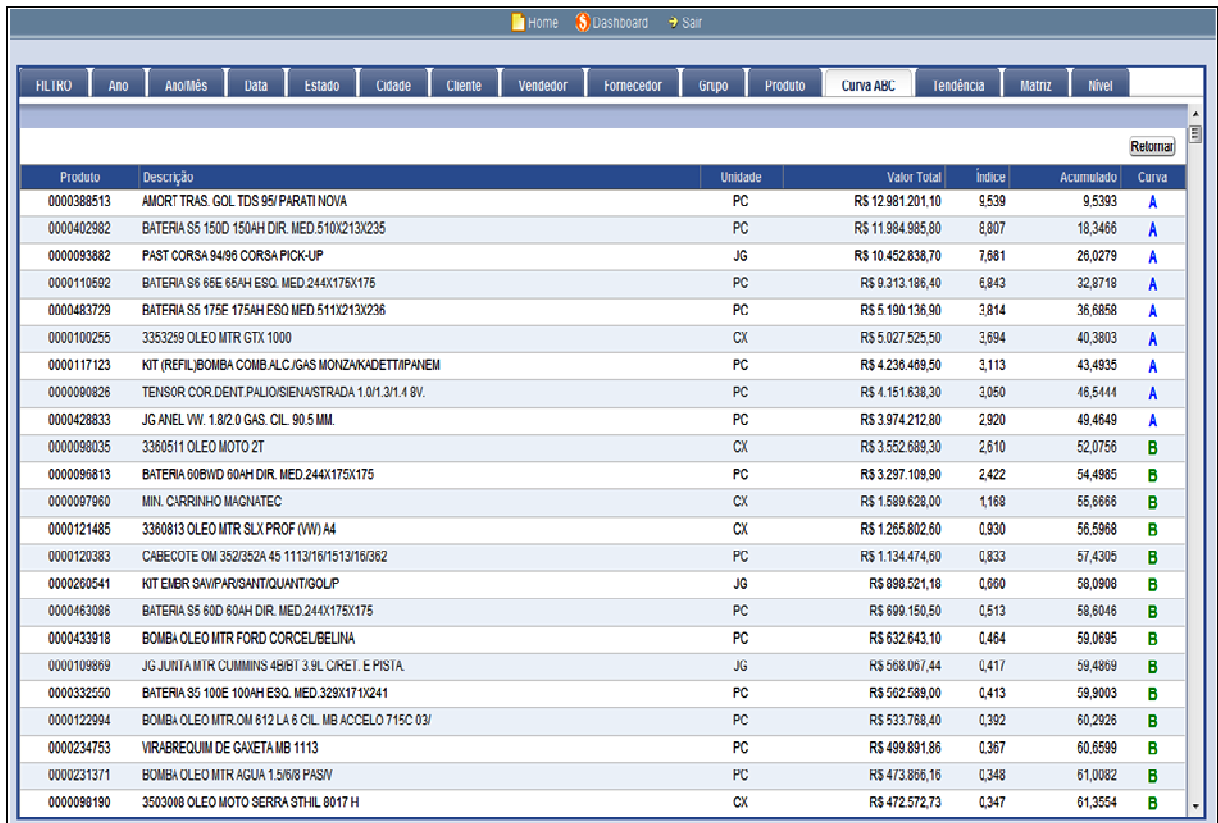


Figura 11 - Módulo Curva ABC do Sistema de Business Intelligence.

Curva ABC - *Activity Based Costing* ou Custeio Baseado em Atividades é um recurso que pode ser utilizado para segmentar diversas dimensões, como clientes, vendedores, cidades, entre outros. No projeto, foi utilizado o produto para representar a Curva ABC, mas podendo ser escolhido qualquer outro que faça parte das tabelas de dimensão.

A análise da curva mostra resultados da demanda de cada item e são classificados como classe A os de maior importância, classe B com importância intermediária e classe C os de menor importância.

Os parâmetros limites para separar a faixa de classe, não são uma regra matematicamente fixa, pois podem variar para cada organização. Em função da aplicação desenvolvida, o gestor pode escolher esta faixa atendendo suas reais necessidades. No módulo Curva ABC, é exibido um *grid* que mostra as vendas ordenadas pelo índice da Curva ABC, respeitando os parâmetros dos limites para A, B e C que serão pedidos na tela de controle.

#### **7.8. MÓDULO TENDÊNCIA**

No módulo Tendência, é exibido um *grid* à esquerda que mostra os 15 melhores produtos em vendas no quesito quantidade, em ordem decrescente com uma coluna de fator presença. Esta coluna indica a quantidade de pedidos em que este produto esteve presente, outro *grid* à direita representa a tendência deste produto e identifica os 4 produtos que mais venderam em conjunto com o produto de presença.

A figura 12 exibe a tela do Módulo Tendência do sistema de *business intelligence*:

FILTRO	Ano	Ano/Mês	Data	Estado	Cidade	Cliante	Vendedor	Fornecedor	Grupo	Produto	Curva ABC	Tendência	Matriz	Nível																				
0000121485	3360013	OLEO MTR SLX PROF (WV) A4	CX	9.519,100	2.978	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Produto</th> <th>Descrição</th> <th>Unidade</th> <th>Quantidade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0000121681</td> <td>3368720 OLEO MTR GTX ANTI BORRA (WV) A9</td> <td>CX</td> <td>267,000</td> </tr> <tr> <td>0000121664</td> <td>3356757 OLEO MTR GTX EXCLUSIVE (WV) A1</td> <td>CX</td> <td>196,600</td> </tr> <tr> <td>0000121674</td> <td>3357540 OLEO MTR SLX LONGTEC (WV) A7</td> <td>CX</td> <td>65,400</td> </tr> <tr> <td>0000121101</td> <td>3367701 OLEO MTR SLX PROF. DIESEL (WV) GW-052-195</td> <td>CX</td> <td>2,600</td> </tr> </tbody> </table>									Produto	Descrição	Unidade	Quantidade	0000121681	3368720 OLEO MTR GTX ANTI BORRA (WV) A9	CX	267,000	0000121664	3356757 OLEO MTR GTX EXCLUSIVE (WV) A1	CX	196,600	0000121674	3357540 OLEO MTR SLX LONGTEC (WV) A7	CX	65,400	0000121101	3367701 OLEO MTR SLX PROF. DIESEL (WV) GW-052-195	CX	2,600
Produto	Descrição	Unidade	Quantidade																															
0000121681	3368720 OLEO MTR GTX ANTI BORRA (WV) A9	CX	267,000																															
0000121664	3356757 OLEO MTR GTX EXCLUSIVE (WV) A1	CX	196,600																															
0000121674	3357540 OLEO MTR SLX LONGTEC (WV) A7	CX	65,400																															
0000121101	3367701 OLEO MTR SLX PROF. DIESEL (WV) GW-052-195	CX	2,600																															
0000104058	3362965	OLEO MTR DIESEL RX VISCUS	BB	7.832,400	6.582	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Produto</th> <th>Descrição</th> <th>Unidade</th> <th>Quantidade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0000098010</td> <td>3352978 OLEO MTR GTX 5X</td> <td>CX</td> <td>1.230,300</td> </tr> <tr> <td>0000098074</td> <td>3362969 OLEO MTR DIESEL CRB TURBO SINT.</td> <td>BB</td> <td>748,400</td> </tr> <tr> <td>0000097983</td> <td>3353110 OLEO MTR GTX ALTA QUILOMETRAGEM DVI.</td> <td>CX</td> <td>540,400</td> </tr> <tr> <td>0000098035</td> <td>3360511 OLEO MOTO 2T</td> <td>CX</td> <td>468,500</td> </tr> </tbody> </table>									Produto	Descrição	Unidade	Quantidade	0000098010	3352978 OLEO MTR GTX 5X	CX	1.230,300	0000098074	3362969 OLEO MTR DIESEL CRB TURBO SINT.	BB	748,400	0000097983	3353110 OLEO MTR GTX ALTA QUILOMETRAGEM DVI.	CX	540,400	0000098035	3360511 OLEO MOTO 2T	CX	468,500
Produto	Descrição	Unidade	Quantidade																															
0000098010	3352978 OLEO MTR GTX 5X	CX	1.230,300																															
0000098074	3362969 OLEO MTR DIESEL CRB TURBO SINT.	BB	748,400																															
0000097983	3353110 OLEO MTR GTX ALTA QUILOMETRAGEM DVI.	CX	540,400																															
0000098035	3360511 OLEO MOTO 2T	CX	468,500																															
0000098010	3352978	OLEO MTR GTX 5X	CX	6.443,800	13.879	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Produto</th> <th>Descrição</th> <th>Unidade</th> <th>Quantidade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0000104058</td> <td>3362965 OLEO MTR DIESEL RX VISCUS</td> <td>BB</td> <td>2.013,200</td> </tr> <tr> <td>0000097983</td> <td>3353110 OLEO MTR GTX ALTA QUILOMETRAGEM DVI.</td> <td>CX</td> <td>1.557,600</td> </tr> <tr> <td>0000117026</td> <td>3358757 OLEO MTR GTX EXCLUSIVE</td> <td>CX</td> <td>851,200</td> </tr> <tr> <td>0000098019</td> <td>3360648 OLEO MOTO ACTEVO GP 4T</td> <td>CX</td> <td>778,600</td> </tr> </tbody> </table>									Produto	Descrição	Unidade	Quantidade	0000104058	3362965 OLEO MTR DIESEL RX VISCUS	BB	2.013,200	0000097983	3353110 OLEO MTR GTX ALTA QUILOMETRAGEM DVI.	CX	1.557,600	0000117026	3358757 OLEO MTR GTX EXCLUSIVE	CX	851,200	0000098019	3360648 OLEO MOTO ACTEVO GP 4T	CX	778,600
Produto	Descrição	Unidade	Quantidade																															
0000104058	3362965 OLEO MTR DIESEL RX VISCUS	BB	2.013,200																															
0000097983	3353110 OLEO MTR GTX ALTA QUILOMETRAGEM DVI.	CX	1.557,600																															
0000117026	3358757 OLEO MTR GTX EXCLUSIVE	CX	851,200																															
0000098019	3360648 OLEO MOTO ACTEVO GP 4T	CX	778,600																															
0000299324	RET HASTE VALV DEL REYNERWERS/	PC	3.776,000	549	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Produto</th> <th>Descrição</th> <th>Unidade</th> <th>Quantidade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0000114685</td> <td>RET.HASTE DE VALV ADMESC. GM.CORSA OMEGAMERIVAS</td> <td>PC</td> <td>884,600</td> </tr> <tr> <td>0000394661</td> <td>RET. VALV ADMESC.WV GOL PAR. 1.0</td> <td>PC</td> <td>407,200</td> </tr> <tr> <td>0000422762</td> <td>RET.HASTE DE VALV. GM CORSA/ASTRA</td> <td>PC</td> <td>368,000</td> </tr> <tr> <td>0000166120</td> <td>RET. VALV. ADMESC. FORD MTR. AE</td> <td>PC</td> <td>236,600</td> </tr> </tbody> </table>									Produto	Descrição	Unidade	Quantidade	0000114685	RET.HASTE DE VALV ADMESC. GM.CORSA OMEGAMERIVAS	PC	884,600	0000394661	RET. VALV ADMESC.WV GOL PAR. 1.0	PC	407,200	0000422762	RET.HASTE DE VALV. GM CORSA/ASTRA	PC	368,000	0000166120	RET. VALV. ADMESC. FORD MTR. AE	PC	236,600	
Produto	Descrição	Unidade	Quantidade																															
0000114685	RET.HASTE DE VALV ADMESC. GM.CORSA OMEGAMERIVAS	PC	884,600																															
0000394661	RET. VALV ADMESC.WV GOL PAR. 1.0	PC	407,200																															
0000422762	RET.HASTE DE VALV. GM CORSA/ASTRA	PC	368,000																															
0000166120	RET. VALV. ADMESC. FORD MTR. AE	PC	236,600																															
0000098019	3360648	OLEO MOTO ACTEVO GP 4T	CX	3.510,600	7.723	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Produto</th> <th>Descrição</th> <th>Unidade</th> <th>Quantidade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0000098010</td> <td>3352978 OLEO MTR GTX 5X</td> <td>CX</td> <td>1.490,500</td> </tr> <tr> <td>0000104058</td> <td>3362965 OLEO MTR DIESEL RX VISCUS</td> <td>BB</td> <td>1.089,300</td> </tr> <tr> <td>0000097983</td> <td>3353110 OLEO MTR GTX ALTA QUILOMETRAGEM DVI</td> <td>CX</td> <td>646,400</td> </tr> <tr> <td>0000098035</td> <td>3360511 OLEO MOTO 2T</td> <td>CX</td> <td>410,600</td> </tr> </tbody> </table>									Produto	Descrição	Unidade	Quantidade	0000098010	3352978 OLEO MTR GTX 5X	CX	1.490,500	0000104058	3362965 OLEO MTR DIESEL RX VISCUS	BB	1.089,300	0000097983	3353110 OLEO MTR GTX ALTA QUILOMETRAGEM DVI	CX	646,400	0000098035	3360511 OLEO MOTO 2T	CX	410,600
Produto	Descrição	Unidade	Quantidade																															
0000098010	3352978 OLEO MTR GTX 5X	CX	1.490,500																															
0000104058	3362965 OLEO MTR DIESEL RX VISCUS	BB	1.089,300																															
0000097983	3353110 OLEO MTR GTX ALTA QUILOMETRAGEM DVI	CX	646,400																															
0000098035	3360511 OLEO MOTO 2T	CX	410,600																															
0000114685	RET.HASTE DE VALV ADMESC. GM.CORSA OMEGAMERIVAS	PC	2.712,000	472	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Produto</th> <th>Descrição</th> <th>Unidade</th> <th>Quantidade</th> </tr> </thead> <tbody> </tbody> </table>									Produto	Descrição	Unidade	Quantidade																	
Produto	Descrição	Unidade	Quantidade																															

Figura 12 - Módulo Tendência do Sistema de Business Intelligence.

## 7.9. MÓDULO MATRIZ

No módulo Matriz, é exibido um *grid* com o eixo X que representa os meses e o eixo Y que mostra os anos. Cruzando estes eixos, visualiza-se o total de vendas em valor referente ao ano / mês correspondente. Esta matriz contém também um total geral de coluna referente ao mês e um total de linha referente ao ano.

A figura 13 exibe a tela do Módulo Matriz do sistema de *business intelligence*:



FILTRO	Ano	Ano/Mês	Data	Estado	Cidade	Cliente	Vendedor	Fornecedor	Grupo	Produto	Curva ABC	Tendência	Matriz	Nível
Vendas Ano x Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Total	
	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$
2.003	296.106,80	850.811,08	787.159,40	1.347.474,90	655.844,88	1.153.661,35	349.863,40	349.817,55	357.735,80	2.211.349,84	396.908,13	660.873,69	9.418.206,82	
2.004	592.156,90	1.701.587,81	1.574.271,46	2.694.894,10	1.311.649,83	2.307.283,68	699.643,80	401.501,25	357.735,80	2.211.349,84	396.908,13	660.873,69	14.910.456,29	
2.005	296.106,80	850.811,08	787.159,40	1.347.474,90	1.967.475,81	3.460.928,32	1.049.466,30	1.049.360,45	1.073.106,40	2.211.349,84	396.908,13	660.873,69	15.151.621,12	
2.006	296.106,80	850.811,08	787.159,40	1.347.474,90	655.844,88	1.153.661,35	349.863,40	349.817,55	357.735,80	2.211.349,84	396.908,13	660.873,69	9.418.206,82	
2.007	296.106,80	850.811,08	787.159,40	2.694.894,10	1.311.649,83	2.307.283,68	485.172,00	349.817,55	357.735,80	2.211.349,84	396.908,13	660.873,69	12.710.351,90	
2.008	296.106,80	851.460,08	787.159,40	1.347.474,90	655.844,88	4.614.541,35	1.399.262,20	1.399.115,10	1.430.767,70	8.847.571,04	1.587.519,66	1.761.512,46	24.978.335,57	
2.009	296.106,80	851.436,68	787.159,40	1.347.474,90	655.843,98	4.614.542,35	1.399.262,20	1.399.114,80	1.430.767,70	8.847.571,04	1.587.519,66	1.761.512,46	24.978.311,77	
2.010	1.007.287,10	828.805,41	1.196.399,92	1.782.964,48	1.325.438,66	3.048.267,52	5.643.243,07	1.397.217,91	7.725.504,08	559.075,05	0,00	0,00	24.515.203,80	
Total	3.376.084,80	7.636.534,30	7.493.627,78	13.910.127,18	8.539.592,75	22.661.169,50	11.375.776,37	6.695.761,96	13.091.089,08	29.313.966,93	5.159.579,97	6.827.393,37	136.080.704,69	

Figura 13 - Módulo Matriz do Sistema de Business Intelligence.

### 7.10. MÓDULO NÍVEL

No módulo Nível, é exibido um grid inicial que mostra as vendas por Ano com opção de *drill-down* e *drill-up* conforme ilustrado na figura 14.

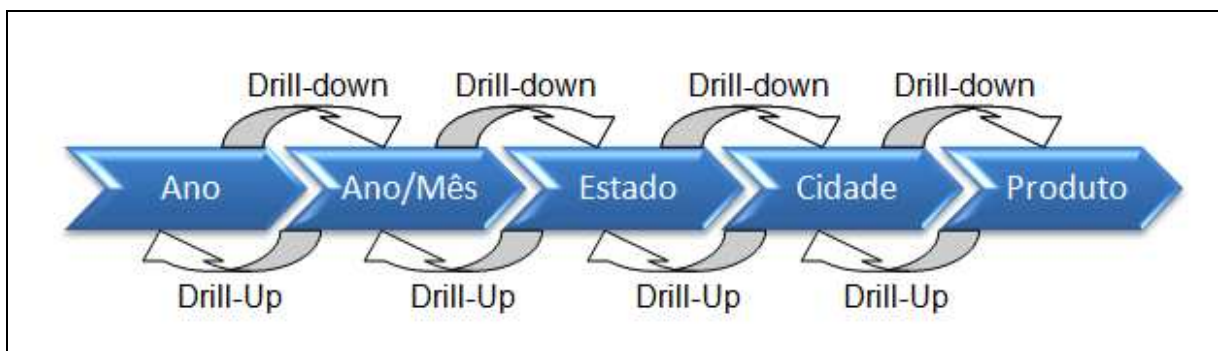


Figura 14 - Módulo Nível do Sistema de Business Intelligence.

## 8. DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO

### 8.1. FORMULÁRIO FILTRO

Primeiramente, foi construída uma aplicação para o módulo filtro em que foi utilizado um formulário do tipo controle, no qual inserimos os campos que fazem parte do *front-end* tais

como: cliente, ano, mês, estado, vendedor, fornecedor, grupo, produto e os demais que constam como dimensões no banco de dados. Os campos devem ser do tipo duplo-select para permitir a seleção de 'n' elementos de cada campo.

### 8.1.1. ONVALIDADE

No evento onValidate, que ocorre durante a validação dos dados que compõem o formulário, foi implementada uma rotina *php* que salva todos os parâmetros selecionados na tela, formando um where dinâmico (condição que muda de acordo com os parâmetros selecionados para formação da grid e do gráfico), e o resultado inserido em uma tabela auxiliar com o *ip* do *host* como *pk* para não permitir duplicidade e ter a possibilidade de recuperar a seleção do filtro. Na Listagem 1, o código para o campo {cliente}, que deve ser replicado e alterado para todos os campos da tela.

```
[var_where] = "";
if(!empty({cliente})){
    if([var_where] == ""){
        [var_where] = 'WHERE fato_venda.cliente IN (' . {cliente} . ')';
    }else{
        [var_where] = [var_where] . ' AND fato_venda.cliente IN (' . {cliente} . ')';
    }
}
```

Listagem 1 – Código para montar o where dinâmico da dimensão cliente.

Logo após o where dinâmico estar completo, foi implementado o código mostrado na Listagem 2, que atualiza a tabela auxiliar com parâmetros do filtro.

```
$var_ip = getenv("REMOTE_ADDR");
sc_exec_sql("DELETE FROM public.par_where WHERE terminal_ip = '$var_ip'");
sc_exec_sql("INSERT INTO public.par_where (terminal_ip, aux_where) VALUES ('$var_ip', '[var_where]')");
sc_exec_sql("DELETE FROM public.aux_filtro WHERE terminal_ip = '$var_ip'");
sc_exec_sql("INSERT INTO aux_filtro
            (terminal_ip, ano, mes, estado, cidade, fornecedor, vendedor, cliente, grupo, produto )
            VALUES ('$var_ip', {ano}, {mes}, {estado}, {cidade}, {fornecedor}, {vendedor}, {cliente}, {grupo}, {produto})");
```

Listagem 2 – Código para gravar a tabela auxiliar com o where dinâmico.

A figura 15 mostra a IDE de desenvolvimento pra o evento onValidate do módulo Filtro.

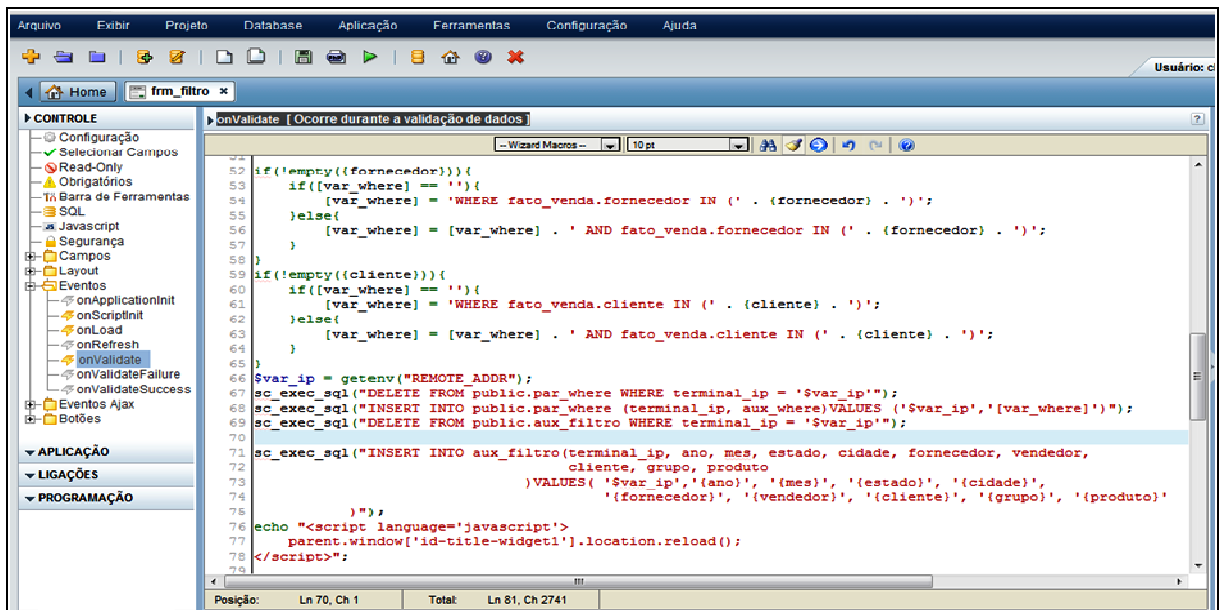


Figura 15 – Evento onValidate do módulo Filtro do Sistema de Business Intelligence.

### 8.1.2. ONLOAD

No evento onLoad, que ocorre na carga do formulário, ler a tabela auxiliar e atribuir aos campos de tela correspondentes para montar os duplo-select, caso já exista um filtro para o *ip* do *host* em acesso. Para facilitar foi criado um botão ‘Limpar’ para os campos de tela, sendo necessário apenas atribuir *null* para os campos e apagar a linha da tabela referente ao *ip* de acesso ao *host*. A figura 16 mostra a IDE de desenvolvimento pra o evento onLoad.

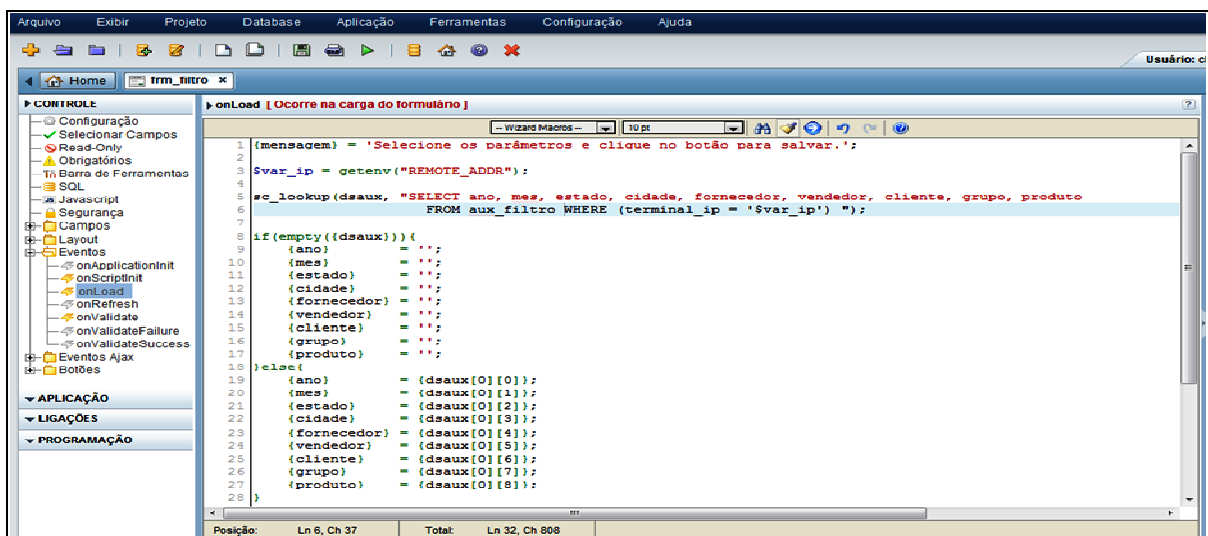


Figura 16 – Evento onLoad do módulo Filtro do Sistema de Business Intelligence.

## 8.2. FORMULÁRIO CONTROLE

Este tipo de formulário serve para executar as *query* do banco de dados e carregar os resultados em tabelas auxiliares. Utilizado em conjunto com o parâmetro salvo pelo filtro quando o *select* for executado, funcionando como um *where* dinâmico.

### 8.2.1. ONLOAD

No evento *onLoad*, que ocorre na carga do formulário, foi implementado um comando para apagar a tabela auxiliar, ler e carregar os parâmetros do filtro. Se encontrar opção de filtro selecionado montar o *where* dinâmico, caso contrário carregar o *dataset* sem opção de filtro. Com isso a tabela carrega uma tabela auxiliar com o resultado do *dataset* e direciona para a aplicação de container. Na Listagem 3, o código para o evento *onLoad*.

```

$var_ip = getenv("REMOTE_ADDR");
sc_exec_sql("DELETE FROM auxiliar WHERE terminal_ip = '$var_ip'");
sc_lookup(dswhere, "SELECT aux_where FROM par_where WHERE terminal_ip = '$var_ip' ");
//SE NÃO ENCONTROU PARAMETROS DO FILTRO, LE TABELA fato_venda SEM MONTAR WHERE DINAMICO
if(empty({dswhere})){
    sc_lookup(dsaux, "SELECT fato_venda.cliente, SUM(fato_venda.quantidade) AS quantidade,
                    SUM(fato_venda.valor) AS valor FROM fato_venda
                    GROUP BY fato_venda.cliente ORDER BY valor DESC LIMIT 15 OFFSET 0");
}else{
//SE ENCONTROU PARAMETROS DO FILTRO, MONTAR WHERE DINAMICO E LER TABELA fato_venda
    [aux_where] = {dswhere[0][0]};
    sc_lookup(dsaux, "SELECT fato_venda.cliente, SUM(fato_venda.quantidade) AS quantidade,
                    SUM(fato_venda.valor) AS valor
                    FROM fato_venda INNER JOIN dim_data_venda
                    ON dim_data_venda.data = fato_venda.data
                    ".[aux_where]."
                    GROUP BY fato_venda.cliente ORDER BY valor DESC LIMIT 15 OFFSET 0");
}
//SE ENCONTROU DADOS VALIDOS CARREGA TABELA AUXILIAR
$var_cnt = count({dsaux}); $inx = 0;
while($inx < $var_cnt){
    $aux_cliente = {dsaux[$inx][0]};
    $aux_quantidade = {dsaux[$inx][1]};
    $aux_valor = {dsaux[$inx][2]};
    sc_exec_sql("INSERT INTO auxiliar(terminal_ip, cliente, fornecedor, estado, cidade,
                    vendedor, grupo, produto, data, quantidade, valor, pedido)
                    VALUES ('$var_ip', $aux_cliente, 0, 0, 0,
                    0, 0, 0, '1111-11-11', $aux_quantidade, $aux_valor, 0)");
    $inx = $inx + 1;
}

```

```
sc_redir('container_cliente');
```

Listagem 3 – Código para o evento onLoad do formulário Controle.

### 8.3. FORMULÁRIO GRID

Ao criar os formulários de *grid*, a tabela base selecionada foi a auxiliar gravada no formulário de controle, mostrado anteriormente na seção 8.2. O *framework* Scriptcase com base na tabela informada gera automaticamente o formulário de *grid*. O comando SQL foi preparado para trazer as colunas que compõe a linha do grid. A próxima etapa foi selecionar os campos de quebra, no menu contexto ‘QUEBRAS’ e selecionar os campos para totalização no menu contexto ‘TOTALIZAÇÃO’.

### 8.4. FORMULÁRIO CONTAINER

O formulário container serve para acoplar a aplicação de *grid* e de gráfico no mesmo painel, foi criado no modelo padrão, respeitando as sugestões do *wizard* e foi configurado como mostrado na Figura 15.

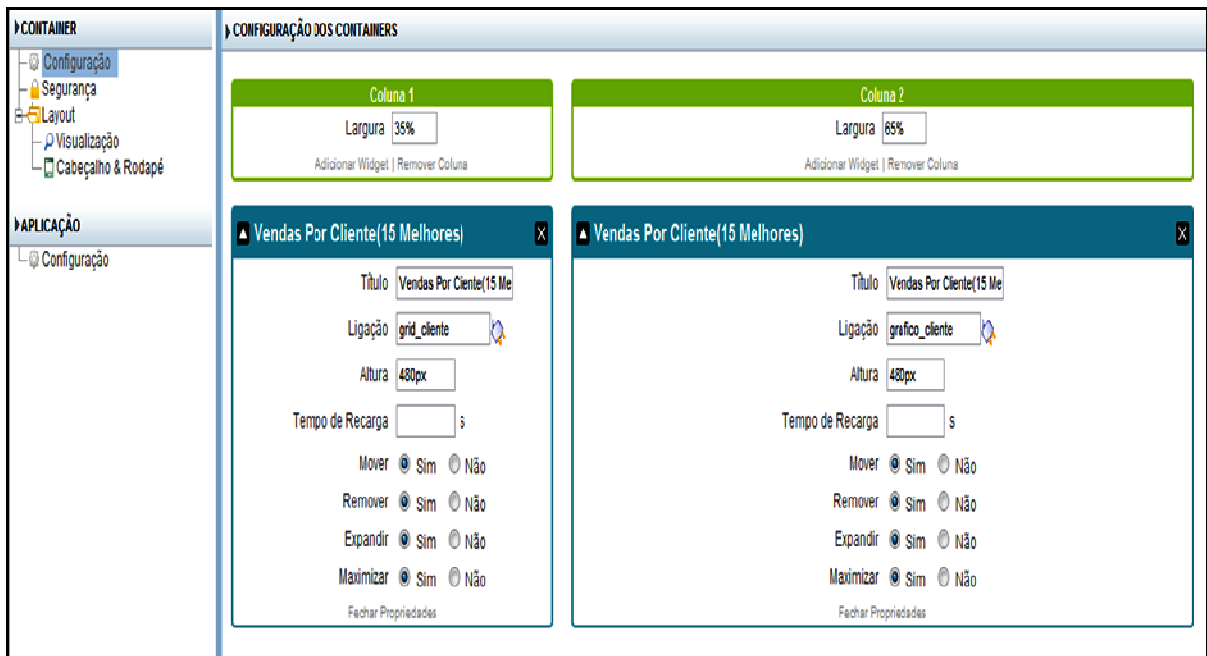


Figura 15 – Configuração para formulário container.

### 8.5. FORMULÁRIO GRÁFICO

Para criação do formulário gráfico, foram seguidos todos os passos da seção 8.3 formulário de *grid*. Logo após acessado o menu contexto ‘RESUMO’ foi escolhida a opção ‘Gráficos’ e configurado os parâmetros como tipo do gráfico, altura, largura, eixo x, eixo y, e demais configurações para obter o resultado desejado.

### 8.6. FORMULÁRIO ABA

O formulário aba serve para facilitar a navegação entre as aplicações. Foi criado no modelo padrão, respeitando as sugestões do *wizard*. O próximo passo foi incluir as pastas, que deve conter o *label* de cada aplicação que faz parte do *dashboard* e deve ser configurado como mostrado na Figura 16.

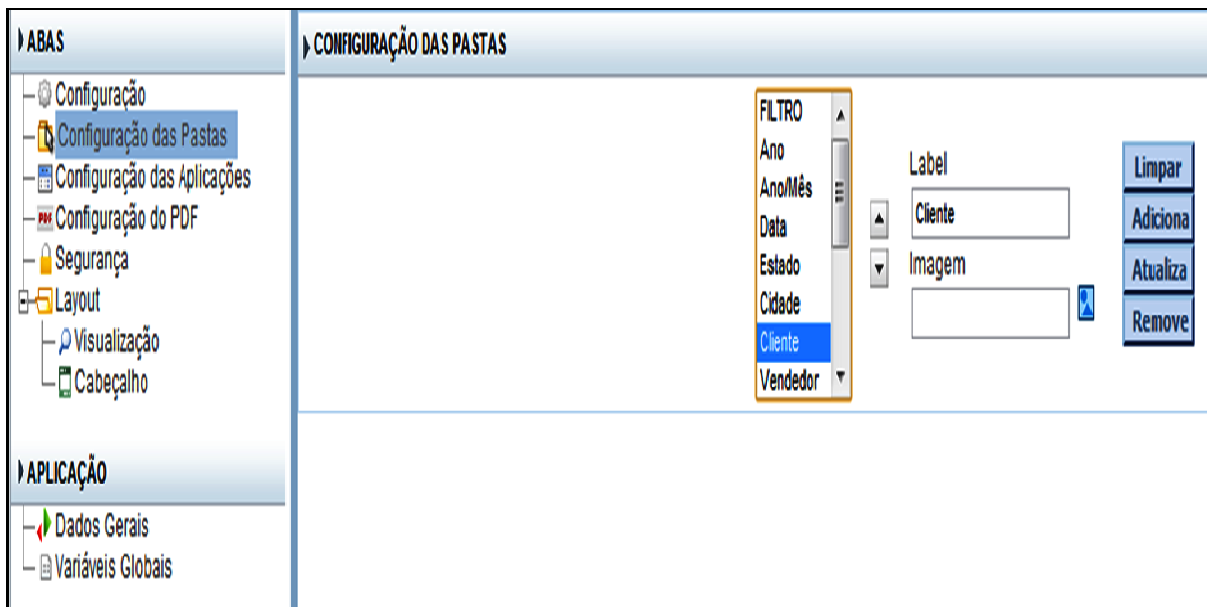


Figura 16 – Configuração para pastas do formulário aba.

A Figura 17 mostra como foi feita a ligação da aba com o formulário de controle para passagem de nível entre as aplicações.

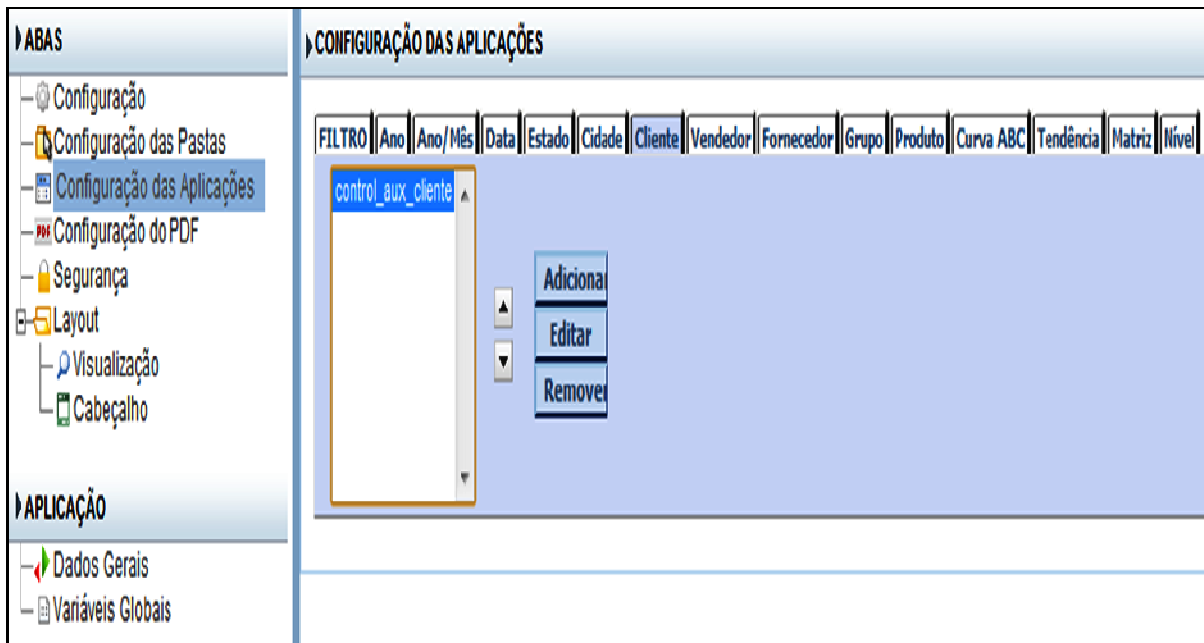


Figura 17 – Configuração para ligação do formulário aba.

## 9. IMPLEMENTANDO FRAGMENTAÇÃO POR FILIAL

O projeto do sistema de Business Intelligence, aqui proposto, está preparado para análise consolidada de informações, independentemente de a organização possuir uma ou mais empresas, os resultados serão visualizados de forma agrupada. Com pequena alteração na estrutura do banco de dados e levando este incremento as aplicações desenvolvidas é plenamente viável obter esta fragmentação de unidades da empresa de forma rápida e eficiente. Esta sugestão resolve, por exemplo, o caso de organizações que possuem mais de uma empresa como loja física e loja virtual e quer a possibilidade de visualizar as informações separadamente para tomada de decisões estratégicas diferenciada. Para isso, deve ser criada uma nova tabela de dimensão apelidada de dim\_empresa como mostra a Listagem 4.

```
CREATE TABLE dim_grupo(
    empresa integer NOT NULL,
    nome character varying(50) NOT NULL,
    CONSTRAINT pk_dim_empresa PRIMARY KEY (empresa) )
WITH ( OIDS=FALSE );
ALTER TABLE dim_grupo OWNER TO postgres;
COMMENT ON TABLE dim_empresa IS 'Dimensão Empresa';
```

Listagem 4 – Criando a Tabela de dimensão Empresa.

A partir deste ponto, deverá ser criada a coluna empresa na tabela fato e sua *foreign key* ligada com a tabela de dimensão dim\_empresa proporcionando uma segurança com esta estrutura de ligação de chaves. Após estar finalizada a fase de implementação no banco de dados, o formulário de filtro deve compor a nova coluna sob forma de campo duplo select para permitir a escolha de 1 ou 'n' empresas a ser analisada e esta coluna passará a fazer parte da tabela auxiliar para geração dos grids e gráficos. Desta forma, todos os módulos do sistema passarão a mostrar as informações com mais esta possibilidade de filtro.

O interessante é que esta fragmentação pode ser implementada para diversas opções como por exemplo: fabricante, meio de pagamento, ramo de atividade, faixa de tributação entre outros a que irá auxiliar o gestor na tomada de decisões.

## 10. CONCLUSÃO

Com base no estudo realizado, concluímos que um sistema de *Business Intelligence* é uma ferramenta indispensável para um departamento de vendas. Visto que o seu objetivo principal é auxiliar e contribuir com o gestor para tomadas de decisões rápidas e assertivas, ajudando a cumprir metas e a tornar a empresa cada vez mais competitiva no mercado.

A exploração sobre uma enorme massa de dados normalmente requer a participação humana. A análise destes dados exige uma forma de mostrar visualmente de maneira rápida e de simples entendimento. Esta análise é facilmente alcançada através do sistema de *Business Intelligence*.

Ao final deste estudo, pretendemos ter disponibilizado a todos que necessitem pesquisar sobre o tema uma fonte contendo informações concisas a respeito do desenvolvimento de uma ferramenta com capacidade para descoberta de conhecimento a partir de uma fonte de dados de um departamento de vendas utilizando conceitos de *Business Intelligence*.



**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**CRAMER,** Renato – DW!. Disponível em: <<http://www.datawarehouse.inf.br/Academicos/OpenSource.pdf>> Acesso em: 28 Ago.2010.

**FIGUEIREDO,** Saulo. Como ampliar o Business Intelligence nas empresas. 2010. Disponível em: <<http://webinsider.uol.com.br/index.php/2007/10/15/como-ampliar-o-business-intelligence-nas-empresas>> Acesso em: 13 Out. 2010.

**FREITAS FILHO,** Ly – Business Intelligence. Disponível em: <[http://www.lyfreitas.com/grad\\_artigos/businessintelligence2.pdf](http://www.lyfreitas.com/grad_artigos/businessintelligence2.pdf)> Acesso em : 10 Out. 2010.

**IMASTERS** - O BI na medida certa. Disponível em: <[http://imasters.uol.com.br/artigo/6989/bi/o\\_bi\\_na\\_medida\\_certa/](http://imasters.uol.com.br/artigo/6989/bi/o_bi_na_medida_certa/)> Acesso em: 15 Nov. 2010.

**KIMBALL,** Ralph, **ROSS,** Margy. The Data Warehouse Toolkit (Segunda Edição). Rio de Janeiro: Editora Campus, 2002. 494 p.

**NETMAKE** - Scriptcase. Disponível em: <<http://www.scriptcase.com.br>> Acesso em: 17 Out. 2010.

**POSTGRESQL** - Documentação do PostgreSQL 8.0.0. Disponível em: <<http://pgdoctbr.sourceforge.net/pg80/index.html>> Acesso em 30 Jun. 2010.

**PRIMAK,** Fábio Vinícius da Silva; Decisões com B.I. (Business Intelligence). 1ª Edição: Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda. 2008. 152p.

**SCRIPTCASE** - WebHelp. Disponível em: <[http://downloads.scriptcase.net/downloads/v5/manual/pt\\_br/webhelp/manual\\_mp/manual\\_mp.htm](http://downloads.scriptcase.net/downloads/v5/manual/pt_br/webhelp/manual_mp/manual_mp.htm)> Acesso em 10 Ago. 2010.

**DW** - Data Warehouse. Disponível em: <<http://www.datawarehouse.inf.br/dw.htm>> Acesso em: 03 Ago. 2010.