

ISSN 1516-0025

REVISTA DO CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA

UNAMA • V. 13 - N. 27. JUNHO DE 2011

S

O

G

A

R

T

Editoria
Unama
UNIVERSIDADE
DA AMAZÔNIA

R. Bibas Filho

TRAÇOS

REVISTA DO CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
©2011, UNIVERSIDADE DA AMAZÔNIA

REITOR

Antonio de Carvalho Vaz Pereira

VICE-REITOR

Henrique Guilherme Carlos Heidtmann Neto

PRÓ-REITOR DE ENSINO

Mário Francisco Guzzo

PRÓ-REITORA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E EXTENSÃO

Núbia Maria de Vasconcelos Maciel

DIRETOR DO CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA E COORDENADOR DO CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

EVARISTO CLEMENTINO REZENDE DOS SANTOS

COORDENADOR DO CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO

JOSÉ AKEL FARES FILHO

COORDENADOR DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

SELÊNIO FEIO DA SILVA

COORDENADOR DO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ANDRÉ CRISTIANO SILVA MELO

COORDENADOR DO CURSO DE TECNOLOGIA EM PROCESSAMENTO DE DADOS

CLÁUDIO OTÁVIO MENDONÇA DE LIMA

COORDENADOR DO CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

MAURO MARGALHO COUTINHO

COORDENADORA DO CURSO DE ARTES VISUAIS E TECNOLOGIA DA IMAGEM

ANA DEL TAVOR VASCONCELOS MAGALHÃES

COORDENADOR DO CURSO DE LICENCIATURA EM MATEMÁTICA

MIGUEL CHAQUIAM

EXPEDIENTE

EDIÇÃO: Editora UNAMA

RESPONSÁVEL: João Carlos Pereira

NORMALIZAÇÃO: Maria Miranda

FORMATAÇÃO GRÁFICA: Elailson Santos

PROJETO DA CAPA: Fernanda Beliche

ILUSTRAÇÃO DA CAPA: Fernando Navarro



“Campus” Alcindo Cacela

Av. Alcindo Cacela, 287
66060-902 - Belém-Pará
Fone geral: (91) 4009-3000
Fax: (91) 3225-3909

“Campus” BR

Rod. BR-316, km3
67113-901 - Ananindeua-Pa
Fone: (91) 4009-9200
Fax: (91) 4009-9308

“Campus” Quintino

Trav. Quintino Bocaiúva, 1808
66035-190 - Belém-Pará
Fone: (91) 4009-3300
Fax: (91) 4009-0622

“Campus” Senador Lemos

Av. Senador Lemos, 2809
66120-901 - Belém-Pará
Fone: (91) 4009-7100
Fax: (91) 4009-7153

Catálogo na fonte
www.unama.br

T759t Traços: revista do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia - Belém: UNAMA, v. 13, n. 27, 2011.

127 p.

ISSN: 1516-0025

1. Ciências exatas. 2. Ciências exatas - pesquisa. 3. Ciências exatas-estudos de caso.
1. Periódicos.

CDD: 507.2

| | | |
|-------|-------|------|
| v. 13 | n. 27 | 2011 |
|-------|-------|------|

EDITORIAL 5

ARTIGOS

O MÉTODO DAS DIFERENÇAS FINITAS APLICADO À TEORIA DAS VIGAS 9
THE METHOD OF FINITE DIFFERENCES APPLIED TO THE THEORY OF BEAMS
Selênio Feio da Silva
Alexandre Andrade Brandão Soares

**ANÁLISE DOS IMPACTOS DA INFRAESTRUTURA URBANA NA MOBILIDADE:
 UM ESTUDO SOBRE DESLOCAMENTOS CASA-TRABALHO** 25
*ANALYSIS OF IMPACTS OF INFRASTRUCTURE IN URBAN MOBILITY: A STUDY
 ON ROUTES BETWEEN HOME AND WORK*
Éden Fernando Batista Ferreira
Francimário Arcoverde Gomes
Marly Lobato Maciel
Benedito Coutinho Neto

**DIAGNÓSTICO DA POTENCIAL POLUIÇÃO NOS RIOS DO ARCO DO
 DESMATAMENTO BRASILEIRO: ESTUDO DE CASO DOS RIOS ARARANDEUA
 E PEBAS EM RONDON DO PARÁ** 47
*DIAGNOSTIC POTENTIAL OF POLLUTION IN RIVERS OF THE ARC OF
 BRAZILIAN DEFORESTATION: CASE STUDY OF RIVERS ARARANDEUA AND
 PEBAS IN RONDON OF PARÁ*
Augusto da Gama Rego
Lindemberg Lima Fernandes
Alberto Carlos de Melo Lima

SPIDER-QA: UMA SOLUÇÃO DE APOIO AO PROCESSO DE GARANTIA DA QUALIDADE 63
SPIDER-QA: A SOLUTION TO SUPPORT THE QUALITY ASSURANCE PROCESS
Marília Paulo Teles
Sandro Ronaldo Bezerra Oliveira

| | | | | | | |
|--------|-------|------|------|----------|------|------|
| TRAÇOS | Belém | v.13 | n.27 | p. 1-127 | jun. | 2011 |
|--------|-------|------|------|----------|------|------|

| | |
|---|------------|
| O PODER FORMATADOR DA MATEMÁTICA EM SALA DE AULA: UMA VISÃO ETNOMATEMÁTICA SOBRE A TRADIÇÃO DE MÓVEIS ARTESANAIS | 83 |
| <i>THE FORMATIVE POWER OF MATHEMATICS IN THE CLASSROOM: AN OVERVIEW ETHNOMATHEMATICS ON THE TRADITION OF HANDICRAFT FURNITURE</i> | |
| <i>Eliana Ruth Silva Sousa</i> | |
| <i>Magali Rocha Sousa</i> | |
| <i>Roberto Paulo Bibas Fialho</i> | |
| | |
| INSTITUCIONALIZAÇÃO DO PROCESSO DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DO PRODUTO EM UMA FÁBRICA DE SOFTWARE | 97 |
| <i>INSTITUTIONALIZATION OF TECHNICAL SOLUTION PROCESS APPLIED IN A SOFTWARE FACTORY</i> | |
| <i>Marcus Paulo da Silva Melo</i> | |
| <i>Sandro Ronaldo Bezerra Oliveira</i> | |
| | |
| GERAÇÃO AUTOMÁTICA DE CÓDIGO COM BASE NO DIAGRAMA DE CLASSE DA UML | 113 |
| <i>AUTOMATIC CODE GENERATION BASED ON UML CLASS DIAGRAMS</i> | |
| <i>Álvaro Luiz Panarra das Neves Câmara</i> | |
| <i>Rômulo Silva Pinheiro</i> | |
| <i>Paulo Roberto Bastos Almeida</i> | |

A revista **Traços** é uma publicação contínua e periódica do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia (CCET) da Universidade da Amazônia (UNAMA), que contribui há mais de vinte anos, permanentemente, para a divulgação de temas relacionados às ciências exatas e suas aplicações, contribuindo para produção do conhecimento sobre a realidade amazônica, de forma a subsidiar a sociedade na reflexão e formulação de políticas públicas, em geral.

O número que ora apresentamos congrega um conjunto de artigos devidamente avaliados pelo grupo de professores que compõem o comitê científico da revista, todos comprometidos com a importância dos temas e a qualidade da produção escrita dos autores. A todos agradecemos pelo empenho e dedicação com que realizaram suas atividades.

Os artigos desse número foram agregados em três grupos: o primeiro, preocupado em explicar os impactos da infraestrutura urbana na mobilidade e a preocupação com a poluição nos rios que cortam os municípios paraenses; o segundo, focado nas aplicações da matemática a partir da utilização das diferenças finitas na engenharia e o poder formatador da matemática em sala de aula; e o terceiro grupo focado nos processos de desenvolvimento, de garantia da qualidade e da funcionalidade de Softwares.

TRAÇOS

REVISTA DO CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
EDIÇÃO Nº 27

CADERNO DE ARTIGOS TÉCNICOS E CIENTÍFICOS

CONSELHO EDITORIAL:

Alberto Carlos de Melo Lima
Ana Del Tabor Vasconcelos Magalhães
André Cristiano Silva Melo
Antônio Erlindo Braga Júnior
Cláudio Alex Jorge da Rocha
Cláudio Otávio Mendonça de Lima
Débora Bandeira Moraes Trindade (Secretária)
Elzelis de Aguiar Müller
Evaristo Clementino Rezende dos Santos
(*Presidente*)
Filomena Mata Vianna Longo
Janice Shirley de Souza Lima
José Akel Fares Filho
José Augusto Furtado Real
Miguel Chaquiam
Natanael Freitas Cabral
Selênio Feio da Silva

COMITÊ CIENTÍFICO INTERNO:

Benedito Coutinho Neto
Elcione Maria Lobato de Moraes
Fábio José da Costa Alves
Hélio Raymundo Ferreira Filho
Leonardo Augusto Oliveira Bello
Marco Aurélio Arbage Lobo
Marisa de Oliveira Mokarzel
Mauro Margalho Coutinho
Pedro Franco de Sá
Ruy Guilherme de Castro Almeida
Maise Sales Gama Tobias
Sérgio Castro Gomes

COMITÊ CIENTÍFICO EXTERNO:

Édison da Silva Farias - UFPA
Eliane Gonçalves Gomes - EMBRAPA-DF
Iran Abreu Mendes - UFRN
Lindemberg Lima Fernandes - UFPA
Marcelo Câmara dos Santos - UFPE
Maria Seráfico Pinheiro - UFPA
Simaia do Socorro Sales das Mercês - UFPA
Thienne Mesquita Johnson - USP-SP

O MÉTODO DAS DIFERENÇAS FINITAS APLICADO À TEORIA DAS VIGAS

*Selênio Feio da Silva**
*Alexandre Andrade Brandão Soares***

RESUMO

No presente trabalho, aplica-se o Método das Diferenças Finitas e os seus operadores advindos da expansão em série de Taylor, para posteriormente aplicá-los em alguns exemplos de viga, supondo que a mesma se enquadra na Teoria de Euler para o comportamento estático. Tem-se como objetivo calcular as flechas adimensionais em uma viga biapoada, em uma viga engastada-livre e em uma viga biengastada.

Palavras-chave: Método das Diferenças Finitas. Viga de Euler. Método da Integração Dupla.

THE METHOD OF FINITE DIFFERENCES APPLIED TO THE THEORY OF BEAMS

ABSTRACT

In the present work, shows the Method of Finite Difference and their operators coming from the Taylor expansion series, and later apply them to some examples of the beams, assuming that it fits with the theory of Euler for the static behavior. It has the objective to calculate the dimensionless arrows in a beam bi-supported, in a beam clamped-free and in a bi-clamped beam.

Keyword: *Finite Difference Method. Euler beam. Double Integration Method.*

1 INTRODUÇÃO

1.1 GENERALIDADES

A falta de um estudo no campo numérico na graduação em Engenharia Civil torna-se, a cada dia, uma necessidade, uma vez que o graduando não tem familiaridade com a ferramenta matemática. Além de que, o Engenheiro Civil precisa entender como os softwares realizam seus processos de cálculo, em especial na área da Engenharia Estrutural, onde simplificações matemáticas e a solução de problemas, que muitas das vezes não tem soluções analíticas (exatas), são comuns de ocorrerem. Vale ressaltar que estudos numéricos já vêm acontecendo em centros avançados de pesquisas, no Brasil e no Mundo.

* Graduado em Engenharia Civil – UFPA; Mestrado em Estruturas – UnB; Doutorado em Estruturas e Construção Civil – UnB. Professor Titular da Universidade da Amazônia – UNAMA.

** Acadêmico do Curso de Graduação em Engenharia Civil – UNAMA; Pesquisador de Iniciação Científica (UNAMA).

Apesar de os métodos numéricos serem aproximados, dependendo do nível de aproximação dado pelo operador, podem ser tão precisos quanto se queira. Existem estruturas que são complexas para serem analisadas pelas técnicas das teorias clássicas (soluções analíticas), portanto esse tipo de solução analítica se torna em alguns casos impossível de calcular sem que haja grandes e excessivas simplificações, resultando em valores pouco apurados.

Os métodos analíticos clássicos permitem o cálculo da resposta exata, como por exemplo, das flechas, deformações e tensões em todos os pontos de uma estrutura que apresente uma problematização "simples". Neste contexto se insere a questão central que motiva o estudo do Método das Diferenças Finitas (MDF), pois ele não se restringe a problemas específicos e/ou particularizados.

O MDF e, de modo geral, os métodos numéricos, permitem observações importantes em termos computacionais para matrizes de coeficientes que serão produzidas quando o MDF for empregado. Para a programação de um software os métodos numéricos são importantes, pois como já dito, não se restringem a nenhum caso particular, podendo assim ser empregados de forma segura e precisa, dependendo do grau de refinamento do cálculo.

As equações diferenciais que regem esses fenômenos são muitas vezes complicadas e, em geral, não lineares. Segundo SOUSA (2006), torna-se necessário utilizar procedimentos numéricos para montar soluções na forma de equações algébricas.

As soluções numéricas estão relacionadas diretamente com os métodos computacionais, estas soluções ganharam grande "espaço" na prática e no próprio meio acadêmico após o advento dos computadores. Sem dúvida tais soluções apresentam inúmeras vantagens sobre as demais. Em relação à solução analítica, já não exige problemas relativamente simples com tantas particularidades; e em relação à solução experimental o tempo e o custo são consideravelmente reduzidos.

1.2 O MÉTODO DAS DIFERENÇAS FINITAS

A solução de uma equação diferencial em um domínio implica no conhecimento dos valores das variáveis estudadas, em todo o meio contínuo. Para isso, o MDF consiste em resolver a equação diferencial em pontos discretos. Estes pontos são igualmente espaçados, ou seja, a malha é regular (SOUSA, 2006).

Para transformação das equações diferenciais em formas discretizadas e, posteriormente, em um sistema de equações algébricas, em função dos valores da variável em cada nó, é preciso aproximar as derivadas. Em resumo, o uso da técnica de Diferenças Finitas procura escrever os operadores diferenciais em sua forma discreta, ou seja, em função de valores pontuais da solução. O conhecimento da solução, mesmo que de forma aproximada, em alguns pontos dá uma boa ideia da solução contínua, à medida que essa nuvem de pontos é adensada o valor da resposta numérica se aproxima do valor real (SILVA, 2008).

1.3 OBJETIVOS

Os objetivos deste estudo são:

- apresentar a equação que rege o comportamento estático das vigas, pela teoria das vigas de Euler, em função dos operadores de Diferenças Finitas;
- obter as condições de contorno nos vínculos dos apoios da viga, de modo a levar os problemas relacionados a um sistema possível determinado;
- aplicar o método das diferenças finitas na equação da viga de Euler, para estudos de caso no comportamento estático;
- calcular os valores das flechas em vigas através da aplicação do Método das Diferenças Finitas na teoria da viga de Euler, utilizando diferentes malhas a fim de que se perceba a convergência para a solução.

2 FORMULAÇÃO BÁSICA DO MÉTODO DAS DIFERENÇAS FINITAS (MDF)

Este método utiliza como técnica de solução de equações diferenciais a substituição das derivadas por formas de diferenças finitas, que são obtidas pela expansão em série de Taylor e truncamento ao nível da ordem do erro desejada (SILVA; PEDROSO, 2005).

2.1 SÉRIE DE TAYLOR PARA FUNÇÕES DE UMA VARIÁVEL

$$f(x) = f(a) + f'(a)(x-a) + \frac{f''(a)(x-a)^2}{2!} + \dots + \frac{f^{(n-1)}(a)(x-a)^{n-1}}{(n-1)!} + R_n \quad (1)$$

O resto após n termos, R_n , é dado por qualquer das formas seguintes:

a) Forma de Lagrange:

$$R_n = \frac{f^{(n)}(\xi)(x-a)^n}{(n)!} \quad (2)$$

(2)

b) Forma de Cauchy:

$$R_n = \frac{f^{(n)}(\xi)(x-\xi)^{n-1}(x-a)}{(n-1)!} \quad (3)$$

O valor x , que pode ser diferente nas duas formas, fica entre a e x . O resultado determina se $f(x)$ tem derivadas contínuas de ordem n pelo menos. A série é infinita, se $\lim_{n \rightarrow \infty} R_n = 0$, e é chamada de série de Taylor para $f(x)$ em $x = a$. Se $x = 0$, a série é freqüentemente chamada de série de Maclaurin. Essas séries, chamadas de séries de potências, convergem para todos os valores de x em algum intervalo de convergência e divergem para todos os valores de x fora desse intervalo (SILVA, 2008).

2.2 APROXIMAÇÃO DAS DERIVADAS POR SÉRIE DE TAYLOR

A partir da equação (1), pode-se escrever:

$$\begin{aligned} f(x + \Delta x) &= f(x) + \frac{df}{dx} \Delta x + \frac{d^2 f}{dx^2} \frac{(\Delta x)^2}{2!} + \frac{d^3 f}{dx^3} \frac{(\Delta x)^3}{3!} + \dots \\ (4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f(x - \Delta x) &= f(x) - \frac{df}{dx} \Delta x + \frac{d^2 f}{dx^2} \frac{(\Delta x)^2}{2!} - \frac{d^3 f}{dx^3} \frac{(\Delta x)^3}{3!} + \dots \\ (5) \end{aligned}$$

Trabalhando com dois termos das séries e operando as equações (4) menos (5):

$$\frac{df}{dx} = \frac{f(x + \Delta x) - f(x - \Delta x)}{2 \cdot \Delta x} \quad (6)$$

Fazendo $Y = f(x)$ e usando a notação indicial tem-se o operador em diferenças finitas para a primeira derivada:

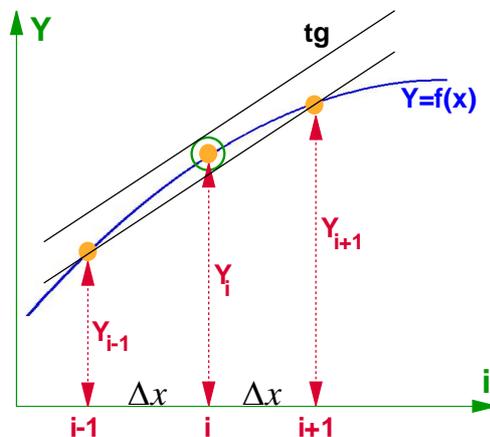
$$\left(\frac{dY}{dx} \right)_i = \frac{Y_{i+1} - Y_{i-1}}{2 \cdot \Delta x} \quad (7)$$

A equação (6) pode ser interpretada geometricamente como segue a Figura 1, uma vez que:

$$f'(x)_i = \left(\frac{dY}{dx} \right)_i = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta Y}{\Delta x} \right)_i \cong \left(\frac{\Delta Y}{\Delta x} \right)_i \quad (8)$$

A equação (7) é conhecida como diferencial central e há, também, a diferencial para frente e a diferencial para trás, definidas a seguir. Vale ressaltar que a diferencial central tem melhor acurácia para a solução exata.

Figura 1 – Interpretação geométrica para a derivada.



a)Diferencial para frente:

$$\left(\frac{dY}{dx}\right)_i = \frac{Y_{i+1} - Y_i}{\Delta x}$$

(9)

b)Diferencial para trás:

$$\left(\frac{dY}{dx}\right)_i = \frac{Y_{i-1} - Y_i}{\Delta x}$$

(10)

O operador em diferenças finitas para a segunda derivada pode ser obtido somando as equações (4) e (5) com os três primeiros termos da série:

$$\frac{d^2 f}{dx^2} = \frac{f(x + \Delta x) - 2f(x) + f(x - \Delta x)}{(\Delta x)^2} \Leftrightarrow \left(\frac{d^2 Y}{dx^2}\right)_i = \frac{Y_{i+1} - 2Y_i + Y_{i-1}}{(\Delta x)^2}$$

(11)

O operador em diferenças finitas para a terceira derivada pode ser obtido a partir da equação (6), chamando $f(x)$ de $\frac{d^2 f}{dx^2}$:

$$\begin{aligned} \frac{d^3 f}{dx^3} &= \frac{1}{2(\Delta x)^3} [f(x + 2\Delta x) - 2f(x + \Delta x) + 2f(x - \Delta x) - f(x - 2\Delta x)] \\ \Leftrightarrow \left(\frac{d^3 Y}{dx^3}\right)_i &= \frac{1}{2(\Delta x)^3} [Y_{i+2} - 2Y_{i+1} + 2Y_{i-1} - Y_{i-2}] \end{aligned}$$

(12)

O operador em diferenças finitas para a quarta derivada pode ser obtido a partir da equação (11), chamando $f(x)$ de :

(13)

3 REPRESENTAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONTORNO PARA O MDF

As condições de contorno no método das diferenças finitas têm a função de diminuir o número de variáveis no sistema de equações, através de valores conhecidos naquele ponto da viga, e/ou relacionar pontos fora da viga (nós artificiais da malha de diferenças finitas) a pontos no seu interior, levando sempre a um sistema possível determinado para problemas estáticos.

3.1 CONDIÇÕES NO APOIO DE 3º GÊNERO (ENGASTE)

a) Flecha no engaste é zero: $Y_i = 0$

b) Rotação no engaste é zero: $\left(\frac{dY}{dx}\right)_i = \frac{Y_{i+1} - Y_{i-1}}{2 \cdot \Delta x} = 0 \Rightarrow Y_{i+1} = Y_{i-1}$

3.2 CONDIÇÕES NOS APOIOS DE 1º GÊNERO E DE 2º GÊNERO

a) Flecha no apoio é zero: $Y_i = 0$

b) Momento no apoio é zero: $\left(\frac{d^2Y}{dx^2}\right)_i = \frac{Y_{i+1} - 2Y_i + Y_{i-1}}{(\Delta x)^2} = 0 \Rightarrow Y_{i+1} = -Y_{i-1}$

3.3 CONDIÇÕES NA EXTREMIDADE LIVRE

a) Cortante na extremidade livre é zero: $\left(\frac{d^2Y}{dx^2}\right)_i = \frac{Y_{i+1} - 2Y_i + Y_{i-1}}{(\Delta x)^2} = 0 \Rightarrow Y_{i-1} = 2Y_i - Y_{i+1}$

b) Momento na extremidade livre é zero:

$$\left(\frac{d^3Y}{dx^3}\right)_i = \frac{1}{2(\Delta x)^3} [Y_{i+2} - 2Y_{i+1} + 2Y_{i-1} - Y_{i-2}] = 0 \Rightarrow Y_{i+2} - 2Y_{i+1} + 2Y_{i-1} - Y_{i-2} = 0$$

3.4 CONDIÇÕES NO APOIO DESLIZANTE

a) Rotação no apoio é zero: $\left(\frac{dY}{dx}\right)_i = \frac{Y_{i+1} - Y_{i-1}}{2 \cdot \Delta x} = 0 \Rightarrow Y_{i+1} = Y_{i-1}$

b) Cortante no apoio é zero: $\left(\frac{d^3Y}{dx^3}\right)_i = \frac{1}{2(\Delta x)^3} [Y_{i+2} - 2Y_{i+1} + 2Y_{i-1} - Y_{i-2}] = 0 \Rightarrow Y_{i+2} = Y_{i-2}$

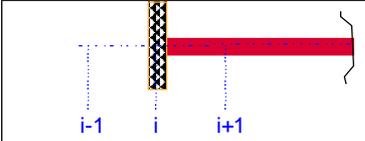
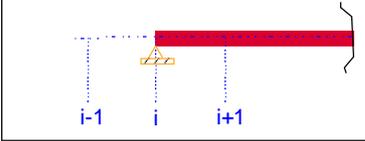
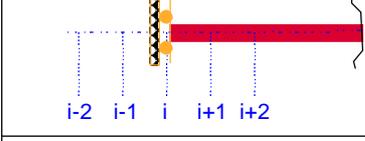
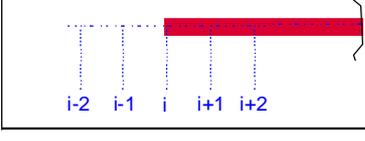
4 ESQUEMA DE SOLUÇÕES

As equações (7), (11), (12) e (13) são representadas esquematicamente na Tabela 1, incluindo seu respectivo 1º termo de erro (\hat{l}_r), medido em Dx . As condições de contorno definidas e deduzidas no item anterior, também são esquematizadas e mostradas na Tabela 2.

Tabela 1 - Representação esquemática para a diferença central.

| Operador Aproximado | Célula (coeficientes) | 1º termo do erro: ϵ_1 |
|---------------------|---|---------------------------------------|
| $(d/dx)_i$ | $\frac{1}{2(\Delta x)} [-1 \text{---} 0 \text{---} +1]$ | $-\frac{1}{6} (\Delta x)^2 Y_i''$ |
| $(d^2/dx^2)_i$ | $\frac{1}{(\Delta x)^2} [+1 \text{---} -2 \text{---} +1]$ | $-\frac{1}{12} (\Delta x)^2 Y_i^{IV}$ |
| $(d^3/dx^3)_i$ | $\frac{1}{2(\Delta x)^3} [-1 \text{---} +2 \text{---} 0 \text{---} -2 \text{---} +1]$ | $-\frac{1}{4} (\Delta x)^2 Y_i^{VI}$ |
| $(d^4/dx^4)_i$ | $\frac{1}{(\Delta x)^4} [+1 \text{---} -4 \text{---} 6 \text{---} -4 \text{---} +1]$ | $-\frac{1}{6} (\Delta x)^2 Y_i^{VI}$ |

Tabela 2 - Representação das condições de contorno para a diferença central.

| Tipo de apoio | Condições de contorno |
|---|---|
|  | $\begin{cases} Y_i = 0 \\ Y_{i+1} = Y_{i-1} \end{cases}$ |
|  | $\begin{cases} Y_i = 0 \\ Y_{i+1} = -Y_{i-1} \end{cases}$ |
|  | $\begin{cases} Y_{i+1} = Y_{i-1} \\ Y_{i+2} = Y_{i-2} \end{cases}$ |
|  | $\begin{cases} Y_{i+1} = 2Y_i - Y_{i-1} \\ Y_{i+2} = 4Y_i - 4Y_{i-1} + Y_{i-2} \end{cases}$ |

5 APLICAÇÃO DO MÉTODO DAS DIFERENÇAS FINITAS NA VIGA DE EULER

Para uma relação muito pequena, entre a altura da seção transversal de uma viga (h) e seu comprimento (L), defini-se a viga de Euler. Esta se caracteriza por considerar apenas os efeitos de flexão devido à tensão normal, ou seja: os efeitos da tensão de cisalhamento não serão considerados na equação diferencial governante que representará o problema.

A equação diferencial governante para o comportamento estático da viga de Euler submetida a um carregamento $q(x)$ é a seguinte:

$$EI \frac{d^4 v}{dx^4} = q(x)$$

(14)

Dividi-se a equação (14) por (EI) :

$$\frac{d^4 v}{dx^4} = \frac{q(x)}{EI}$$

(15)

Aplica-se o método das diferenças finitas na equação (15), ver Tabela 1:

$$\frac{1}{(\Delta x)^4} [Y_{i-2} - 4Y_{i-1} + 6Y_i - 4Y_{i+1} + Y_{i+2}] = \frac{q(x)}{EI}$$

(16)

Multiplica-se a equação (16) por :

$$Y_{i-2} - 4Y_{i-1} + 6Y_i - 4Y_{i+1} + Y_{i+2} = \lambda; \text{ com } \lambda = \frac{q(x)}{EI} \cdot \Delta x^4$$

(17)

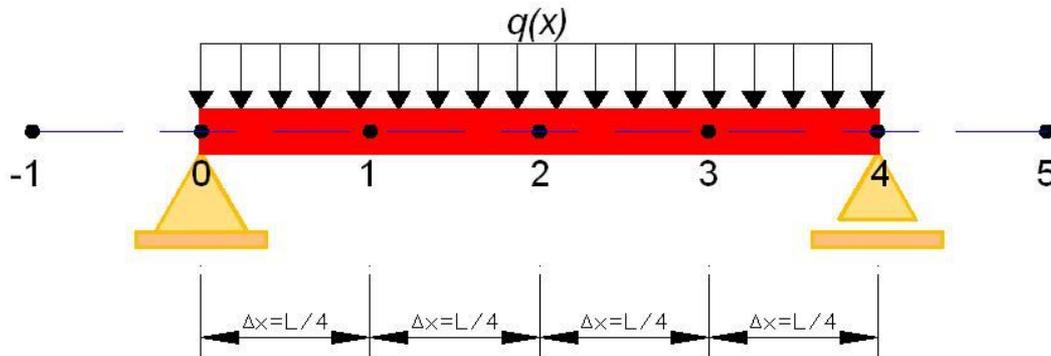
Destaque-se que a equação (17) representa a equação governante para o comportamento estático da viga de Euler por diferenças finitas.

5.1 ESTUDOS DE CASOS

Aplica-se a técnica de resolução por diferenças finitas para a equação de equilíbrio estático da viga de Euler, equação (17). Utilizam-se malhas com diferentes números de nós a fim de se perceber a convergência, com a utilização do MDF, para as soluções analíticas exatas das flechas. Considere uma viga, com módulo de elasticidade E , momento de inércia I e comprimento L , submetida a um carregamento uniformemente distribuído $q(x)$. Objetiva-se calcular as flechas que surgem no vão da viga.

5.1.1 Viga Biapoiada

Figura 2 - Viga biapoiada e discretizada com 5 nós em diferenças finitas (comportamento estático).



- % Deseja-se calcular a flecha no meio do vão ($i=2$).

Substituindo, respectivamente, $i=1$, $i=2$ e $i=3$, na equação (17), resulta em:

$$\begin{cases} Y_{-1} - 4Y_0 + 6Y_1 - 4Y_2 + Y_3 = \lambda \\ Y_0 - 4Y_1 + 6Y_2 - 4Y_3 + Y_4 = \lambda \\ Y_1 - 4Y_2 + 6Y_3 - 4Y_4 + Y_5 = \lambda \end{cases}$$

(18)

Condições de contorno, ver Tabela 2:

$$\text{No apoio de 2}^\circ \text{ gênero } (i=0): \begin{cases} Y_i = 0 \\ Y_{i+1} = -Y_{i-1} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Y_0 = 0 \\ Y_1 = -Y_{-1} \end{cases}$$

$$\text{No apoio de 1}^\circ \text{ gênero } (i=4): \begin{cases} Y_i = 0 \\ Y_{i+1} = -Y_{i-1} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Y_4 = 0 \\ Y_5 = -Y_3 \end{cases}$$

Substituindo as condições de contorno na equação (18), obtém-se:

$$\underbrace{\begin{bmatrix} 5 & -4 & 1 \\ -4 & 6 & -4 \\ 1 & -4 & 5 \end{bmatrix}}_A \underbrace{\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \end{bmatrix}}_X = \underbrace{\begin{bmatrix} \lambda \\ \lambda \\ \lambda \end{bmatrix}}_B$$

(19)

Tem-se, portanto, um sistema de equações do tipo: $AX = B$, a ser resolvido.

A solução deste sistema fornece: $Y_2 = \frac{7}{2} \lambda$. Como $\lambda = \frac{q(x)}{EI} \cdot \Delta x^4$ e uma vez que $\Delta x = \frac{L}{4}$ (ver Figura 2), encontra-se o seguinte valor para a flecha no meio do vão da viga:

$$Y_2 = \frac{7}{512} \frac{qL^4}{EI} \cong 0.0137 \frac{qL^4}{EI}$$

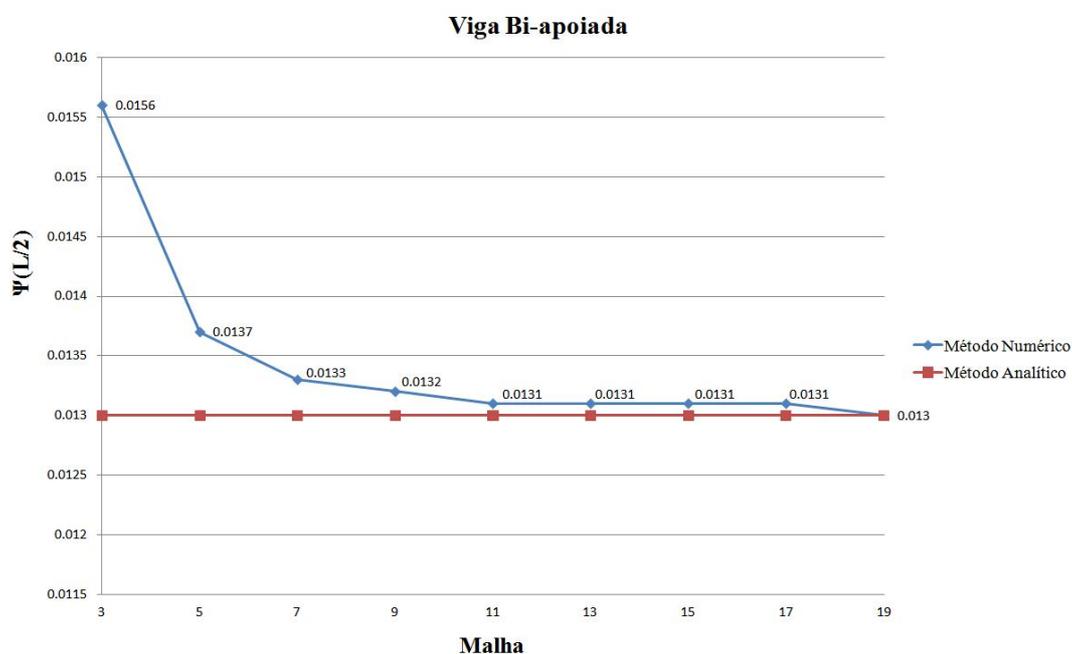
(20)

A solução encontrada, equação (20), representa a flecha no meio do vão desta viga, aproximada na flexão de vigas de Euler pelo método das diferenças finitas. Esta aproximação será melhor à medida que se aumenta o número de nós na malha de diferenças finitas. A Tabela 3, a seguir, mostra a convergência deste método para a solução exata analítica, com malhas em ordem crescente de refinamento (3, 5, 7, 9, 11 e 19 nós na malha de diferenças finitas).

Tabela 3 - Convergência do método das diferenças finitas no cálculo das flechas para viga biapoçada.

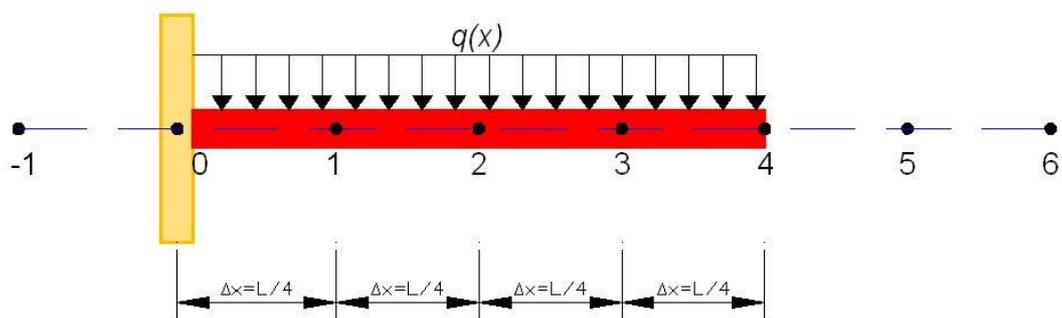
| Flechas adimensionais: $\psi(x) = Y(x) / \frac{qL^4}{EI}$ | | | | | | |
|---|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Solução Analítica | Solução Numérica: MDF | | | | | |
| | Malha com 3 nós | Malha com 5 nós | Malha com 7 nós | Malha com 9 nós | Malha com 11 nós | Malha com 19 nós |
| $\psi(L/2)$ = 0.0130 | 0.0156 $\varepsilon_R = 20\%$ | 0.0137 $\varepsilon_R = 5,4\%$ | 0.0133 $\varepsilon_R = 2,3\%$ | 0.0132 $\varepsilon_R = 1,5\%$ | 0.0131 $\varepsilon_R = 0,8\%$ | 0.0130 $\varepsilon_R = 0\%$ |

Figura 3 - Convergência do Método das Diferenças Finitas no cálculo das flechas para viga biapoiada.



5.1.2 Viga Engastada-Livre

Figura 4 - Viga engastada-livre e discretizada com 5 nós em diferenças finitas (comportamento estático).



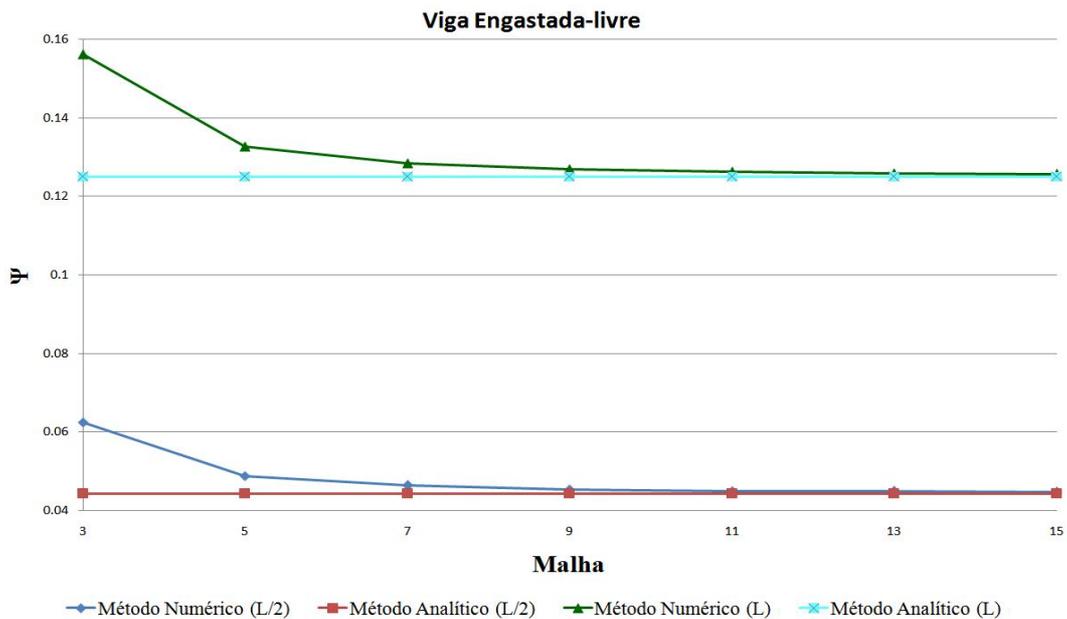
- % Deseja-se calcular a flecha no meio do vão ($i=2$) e na extremidade livre ($i=4$). Analogamente ao caso anterior:

Tabela 4 - Convergência do método das diferenças finitas no cálculo das flechas para viga engastada-livre.

| Flechas adimensionais: $\psi(x) = \frac{Y(x)}{\frac{qL^4}{EI}}$ | | | | | | | |
|---|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Solução Analítica | Solução Numérica: MDF | | | | | | |
| | Malha com 3 nós | Malha com 5 nós | Malha com 7 nós | Malha com 9 nós | Malha com 11 nós | Malha com 13 nós | Malha com 15 nós |
| $\psi(L/2)$ = 0.0443 | 0.0625 $\varepsilon_R = 41\%$ | 0.0488 $\varepsilon_R = 10\%$ | 0.0463 $\varepsilon_R = 4,5\%$ | 0.0454 $\varepsilon_R = 2,5\%$ | 0.0450 $\varepsilon_R = 1,6\%$ | 0.0448 $\varepsilon_R = 1,1\%$ | 0.0446 $\varepsilon_R = 0,7\%$ |
| $\psi(L)$ = 0.1250 | 0.1563 $\varepsilon_R = 25\%$ | 0.1328 $\varepsilon_R = 6,2\%$ | 0.1285 $\varepsilon_R = 2,8\%$ | 0.1270 $\varepsilon_R = 1,6\%$ | 0.1263 $\varepsilon_R = 1,0\%$ | 0.1259 $\varepsilon_R = 0,7\%$ | 0.1256 $\varepsilon_R = 0,5\%$ |

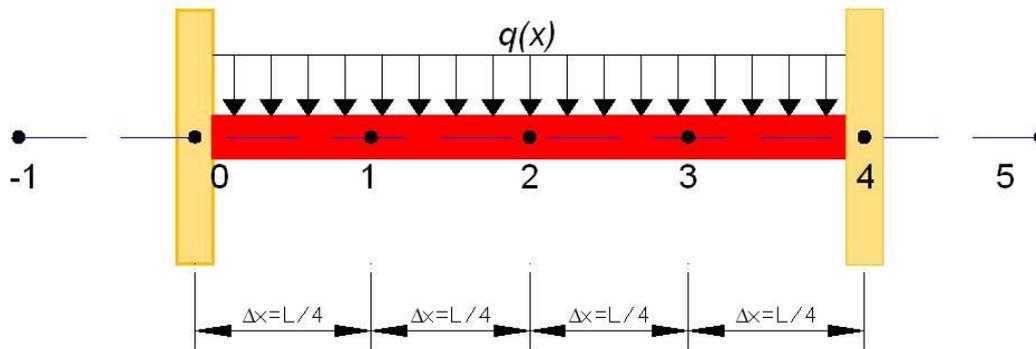
Para melhor visualizar a convergência do método numérico (MDF) para o valor analítico, ilustram-se os resultados na Figura 5.

Figura 5 - Convergência do Método das Diferenças Finitas no cálculo das flechas para viga engastada-livre.



5.1.3 Viga Biengastada

Figura 6 - Viga biengastada e discretizada com 5 nós em diferenças finitas (comportamento estático).



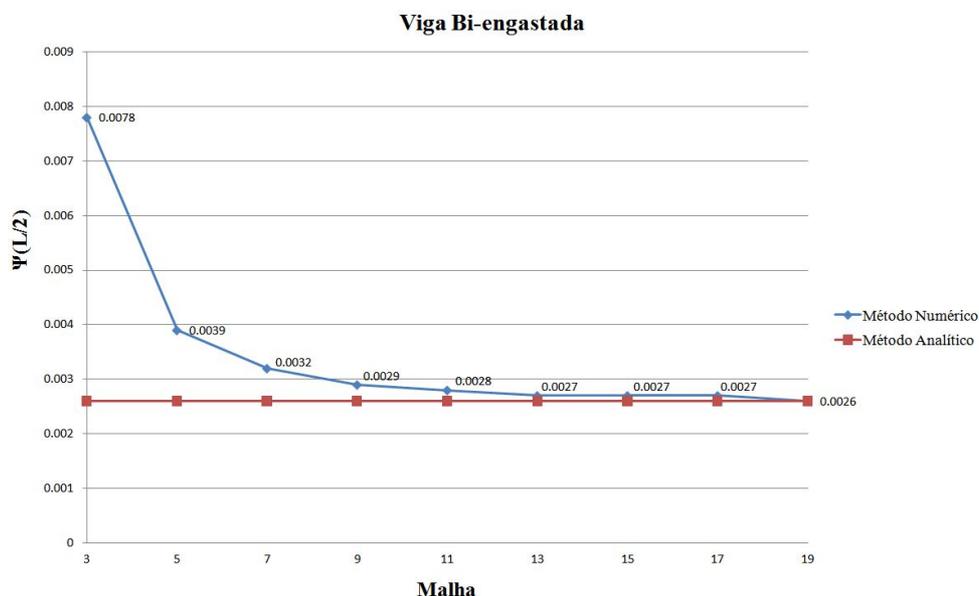
- % Deseja-se calcular a flecha no meio do vão ($i=2$). Analogamente aos casos anteriores:

Tabela 5 - Convergência do método das diferenças finitas no cálculo das flechas para viga biengastada.

| Flechas adimensionais: $\psi(x) = \frac{Y(x)}{\frac{qL^4}{EI}}$ | | | | | | | |
|---|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Solução Analítica | Solução Numérica: MDF | | | | | | |
| | Malha com 3 nós | Malha com 5 nós | Malha com 7 nós | Malha com 9 nós | Malha com 11 nós | Malha com 13, 15 e 17 nós | Malha com 19 nós |
| $\psi(L/2)$ = 0.0026 | 0.0078 $\varepsilon_R = 200\%$ | 0.0039 $\varepsilon_R = 50\%$ | 0.0032 $\varepsilon_R = 23\%$ | 0.0029 $\varepsilon_R = 12\%$ | 0.0028 $\varepsilon_R = 8\%$ | 0.0027 $\varepsilon_R = 4,8\%$ | 0.0026 $\varepsilon_R = 0\%$ |

Para melhor visualizar a convergência do método numérico (MDF) para o valor analítico, ilustram-se os resultados na Figura 7.

Figura 7 - Convergência do Método das Diferenças Finitas no cálculo das flechas para viga biengastada.



6 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos neste estudo, alguns comentários e conclusões podem ser evidenciados:

- 1) O método das diferenças finitas aplicado à equação diferencial governante de vigas, no estudo do comportamento estático, leva a sistemas de equações que permitem a determinação das flechas em qualquer ponto desta viga (Silva & Pedroso, 2005);
- 2) A equação diferencial governante para vigas de Euler, quando tratada pela técnica de diferenças finitas, no estudo do comportamento estático, é do tipo: , onde A representa a matriz de coeficientes à flexão;
- 3) A Tabela 3 e a Figura 3 mostram que, com o aumento do número de nós na viga biapoiada, se tem uma melhor aproximação do valor da flecha numérica em comparação ao valor analítico. Entretanto, notou-se que somente a partir da malha com 19 nós os valores convergiram, com a precisão de 4 casas decimais, para que o erro percentual seja nulo;
- 4) No estudo de caso de uma viga engastada-livre a Tabela 4 e a Figura 5 mostram que para a malha com 3 nós, o valor da flecha no meio do vão converge mais rápido para o valor analítico em relação ao valor que converge a flecha da extremidade livre, entretanto para a malha com 15 nós esta diferença é quase que irrelevante;
- 5) No estudo de caso de uma viga hiprestática a Tabela 5 e a Figura 7 mostram que o valor da flecha no meio do vão, para a malha com 3 nós possui um erro relativamente alto, contudo a medida que a malha é mais discretizada (refinada) este erro diminui quase que pela metade a cada refinamento de malha. Percebe-se também, que as malhas com 13, 15 e 17 nós apresentam o mesmo valor (com 4 casas decimais) para a flecha adimensional no meio do vão.

REFERÊNCIAS

SILVA, S. F.; PEDROSO, L. J. **Método das diferenças finitas em dinâmica de vigas profundas**. Relatório Técnico de Pesquisa, RTP-SFS03, UnB-FT/ENC, Brasília, 2005.

SILVA, S. F. O método das diferenças finitas aplicado à viga de Euler: comportamento estático e dinâmico. **Revista Traços**, Belém, v.10, n.21, p. 9-22, jun. 2008.

SOUSA Jr., L. C. **Uma aplicação dos métodos dos elementos finitos e diferenças finitas à interação fluido-estrutura**. 217f. Dissertação (Mestrado em Estrutura e Construção Civil) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

NASH, W. A. **Resistência dos Materiais**. Ed. MacGraw-Hill do Brasil, Ltda. São Paulo, 1982.

SZILARD, R. **Theory and analysis of plates: classical and numerical methods**. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1974.

ANÁLISE DOS IMPACTOS DA INFRAESTRUTURA URBANA NA MOBILIDADE: UM ESTUDO SOBRE DESLOCAMENTOS CASA-TRABALHO

*Éden Fernando Batista Ferreira**
*Francimário Arcoverde Gomes**
*Marly Lobato Maciel**
*Benedito Coutinho Neto***

RESUMO

A mobilidade consiste numa condição básica para sobrevivência e desenvolvimento das atividades humanas. No meio urbano, um dos tipos mais importante é o deslocamento casa-trabalho, que sofre alterações com o crescimento das grandes cidades, visto que aumentaram também as distâncias. Para minimizar os impactos destas distâncias na mobilidade das pessoas, essas cidades deveriam possuir infraestrutura satisfatória para a plena execução destes deslocamentos. Neste sentido, o objetivo deste trabalho consiste em analisar os impactos da infraestrutura urbana na mobilidade de diferentes usuários. Para isso, foram analisados três percursos diferentes e sob a perspectiva de usuários diferentes: condutor de automóvel, ciclista, pedestre, cadeirante e pessoa com deficiência visual. Os resultados reforçam a idéia de que a cidade é desenvolvida para receber os carros e que, uma simples atividade diária de deslocamento até o trabalho, pode tornar-se um grande desafio para outros usuários.

Palavras-chave: Mobilidade. Acessibilidade. Infraestrutura urbana.

ANALYSIS OF IMPACTS OF INFRASTRUCTURE IN URBAN MOBILITY: A STUDY ON ROUTES BETWEEN HOME AND WORK

ABSTRACT

Mobility consists of a basic condition for survival and development of human activities. In urban areas, one of the most important is the shift-work home, that undergoes with the growth of large cities, whereas increased in the distances. To minimize the impacts of these distances in the mobility of people, the city should have satisfactory infrastructure for full implementation of such dislocations. In this sense, the objective of this study was to analyze the impacts of urban infrastructure in the mobility of different users. For this, we analyzed three different circuits from the perspective of different users: car driver,

* Mestrandos do Programa de Desenvolvimento e Meio Ambiente Urbano da Universidade da Amazônia.

** Doutor em Engenharia Civil pela EESC/USP e Professor Titular do Programa de Desenvolvimento e Meio Ambiente Urbano e do Curso de Engenharia Civil da Universidade da Amazônia.

cyclist, pedestrian, wheelchair and visually impaired person. The results reinforce the idea that the city is designed to get the cars and that simple activities of daily commuting, can become a great challenge to other users.

Keywords: *Mobility. Accessibility. Urban infrastructure.*

1 INTRODUÇÃO

O deslocamento casa-trabalho é um dos principais e mais frequentes tipo de deslocamentos realizado pela população urbana. Diariamente, diversas pessoas repetem o mesmo trajeto em horários e em formas definidas, quase sem variações.

Estudos mostram Os deslocamentos consistem numa condição básica para sobrevivência e desenvolvimento das atividades humanas no meio urbano – circulação de pessoas, mercadorias e serviços. Porém, para que esta condição seja efetivada, é necessária, entre outras coisas, uma eficiente adequação da infraestrutura viária da cidade, de modo a atender de forma satisfatória os diferentes tipos de usuários.

A expansão das grandes cidades, em consequência do crescimento populacional, em virtude, entre outros, da migração rural, faz com que os deslocamentos necessários, no dia-a-dia dos seus habitantes, sejam cada vez maiores. Entretanto, as condições de deslocamento são diferentes para cada cidadão e seus meios de transportes, em uma grande cidade. Um dos fatores que determina esta diversidade de possibilidades de deslocamentos é a infraestrutura urbana, uma vez que esta influencia, diretamente, o acesso das pessoas aos espaços da cidade.

O objetivo deste trabalho é realizar uma análise dos impactos da infraestrutura urbana na mobilidade, a partir de perspectivas de usuários de modalidades diferentes, a saber: o motorista de automóvel (carro de passeio), o ciclista, o pedestre (sem limitação física que o permita caminhar normalmente), e pessoas com deficiência na condição de cadeirante e com deficiência visual, durante deslocamento casa-trabalho.

Para a consecução dos objetivos foram realizadas análises de percursos casa-trabalho, observando a condição de mobilidade, sob a ótica do motorista de automóvel (carro de passeio), do ciclista, do pedestre (sem limitação física que o permita caminhar normalmente), e das pessoas com deficiência na condição de cadeirante e de deficiente visual. Estas análises permitem investigar se as condições das vias, no sentido amplo, atendem aos diversos grupos de pessoas que necessitam realizar suas tarefas, diariamente, que exigem deslocamentos, entre estes, no sentido casa-trabalho. Procurou-se identificar se as vias, de acordo com a definição do CTB, atendem, de maneira satisfatória, a esses atores que acabam interagindo entre si na dinâmica dos fluxos de mobilidade, e por vezes numa relação conflituosa em que as prioridades de deslocamento são ignoradas, consistindo numa disputa por espaço e desrespeito ao direito de cada indivíduo. Com base nessa percepção, pretendeu-se detectar, também, se o exercício da cidadania, que engloba os direitos e deveres de todos, no que concerne ao direito constitucional de ir e vir está sendo respeitado.

A importância desta pesquisa está no fato de seus resultados possibilitarem o conhecimento das condições de deslocamento da população, no âmbito de uma grande cidade, onde as condições de mobilidade são, conhecidamente, insatisfatórias.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O processo de urbanização reflete na organização interna da cidade e na dinâmica da produção do espaço. Tal dinâmica produz espaços que se diferem a partir das atividades predominantes (comércios e serviços) ou da realidade socioeconômica (espaços residenciais), conforme argumenta Souza (2003).

Orientando-se por essa perspectiva, Villaça (2001) considera que a cidade é produzida a partir da disputa entre o controle do tempo e o custo de transporte. Na disputa do que na cidade torna-se “perto” ou “longe”, o perto se transforma em fator determinante na produção do ambiente. O autor considera ainda, que esta relação entre perto e longe é resultado da adequação do sistema de transporte, da disponibilidade de transporte entre as camadas sociais, bem como, da distribuição das classes sociais e dos serviços na sociedade.

Nesse sentido, o perto e longe são conceitos que ultrapassam a questão meramente espacial na cidade. A esses termos inclui-se a perspectiva de condição de deslocamento e tempo, ou seja, de que forma e qual tempo se gasta para desenvolver um percurso pela cidade.

Para favorecer a compreensão de percurso, Silveira (2007) considera que pode ser visto como as rotas utilizadas nos deslocamentos das pessoas, na cidade, por intermédio de espaços livres que formam trajetórias. Ou seja, os percursos são caminhos utilizados pelas pessoas (pedestres, ciclistas e usuários de automóveis) nos seus deslocamentos cotidianos pelas cidades. Entretanto, deve-se ressaltar que tais deslocamentos podem variar na sua forma ou de acordo com a modalidade de transporte utilizada (ônibus, carro, bicicleta, etc.), sendo que para cada modalidade, o usuário enfrenta e ultrapassa desafios específicos, que a cidade o impõe, para alcançar seu objetivo final (destino).

Destaque-se que a cidade como ambiente construído apresenta formas espaciais provenientes de um processo histórico e político de desenvolvimento urbano. Assim, a paisagem urbana é o resultado de um arranjo espacial predeterminado e de um arranjo espacial espontâneo – resultado de ocupações territoriais sem planejamento, e aos cidadãos é imposta estas formas espaciais como condição física de circulação. Esta interação dos deslocamentos de pessoas e bens com a cidade é que configura a mobilidade urbana (ALBANO, 2006).

Nas grandes cidades, o palco da mobilidade são as vias públicas, onde circulam pessoas a pé (calçada) ou utilizando veículos (pista de rolamento). No sistema viário, que ocupa cerca de 20% da área, ocorrem, praticamente, todos os deslocamentos (PIRES; VASCONCELOS; SILVA, 1997).

O Código de Trânsito Brasileiro (CTB), Lei n. 9.503/1997, no Anexo I, define via pública como “a superfície por onde transitam veículos, pessoas e animais, compreendendo a pista, a calçada, o acostamento, ilha e canteiro central” e classifica as vias

urbanas abertas a circulação, de acordo com a utilização (Artigo 60) em vias de trânsito rápido, arterial, coletora e local. Observe-se que, com o crescimento das cidades, tais vias podem sofrer sobrecarga de pessoas e serviços, gerando conflitos entre os usuários e repercutindo no padrão de viagens e deslocamento de cada pessoa.

A consequência iminente desse problema é a limitação da mobilidade e a acessibilidade das pessoas no ambiente da cidade. De uma maneira simplificada, Alves e Raia Jr. (1999) diferenciam estes dois conceitos, considerando a mobilidade urbana como a facilidade de deslocamentos de pessoas e de bens dentro de um espaço urbano e, acessibilidade como o acesso da população para realizar suas atividades e deslocamentos.

Entende-se que limitar ou dificultar o livre deslocamento de pessoas dentro da cidade cerceia um direito fundamental do cidadão brasileiro, garantido no artigo 5º da Constituição Federal de 1988, inciso XV, que garante a livre locomoção no território nacional a qualquer pessoa, nos termos da lei, podendo nele entrar, permanecer ou dele sair (BRASIL, 1988). Portanto, todo cidadão brasileiro tem o direito de circulação no território nacional, o qual inclui todas as áreas de circulação comum, das pequenas vias de acesso, a pedestres, até as estradas que perpassam por vários Estados. Porém, este direito não é respeitado, a partir do momento em que as vias públicas não permitem a livre circulação, seja pela ausência de infraestrutura adequada de vias ou, simplesmente, pela ausência da via, gerando problemas na mobilidade urbana e na acessibilidade.

Tal situação pode ser agravada quando imposta a pessoas com dificuldades de locomoção, como o caso das pessoas portadoras de alguma deficiência física. Com base no Censo Demográfico do IBGE (2000), pode-se constatar que 14,5% da população brasileira possuem algum tipo de deficiência, totalizando aproximadamente 24,6 milhões de pessoas. Assim, cada usuário possui um modo de observar a via e perceber os problemas que ela apresenta, principalmente, a partir da modalidade de transporte que utiliza com maior frequência. Porém, alguns problemas são comuns aos diferentes tipos de usuários.

3 METODOLOGIA

A avaliação dos impactos da infraestrutura urbana na mobilidade foi desenvolvida a partir de uma pesquisa com caráter metodológico de estudo de caso, utilizando a abordagem qualitativa para coleta e análise dos dados.

O método de estudo de caso foi escolhido, por ser um método de pesquisa que permite o levantamento de dados primários utilizados para descrever uma situação ou conceito (YIN, 2005). O estudo de caso pode ser simples, quando se analisa um único caso ou de múltiplos casos quando permite a ampliação do número de casos em análise.

A abordagem qualitativa favorece o alcance do objetivo, pois os dados coletados são de caráter analítico-descritivo e interpretativo, exigindo um maior envolvimento com o objeto de estudo, por parte do pesquisador.

Neste trabalho, foram utilizados três percursos de deslocamento, no sentido casa-trabalho, como objeto de estudo. Nesses percursos buscou-se identificar pontos positivos e negativos referentes à infraestrutura urbana, que favorecem ou limitam a mobilidade dos usuários nos trajetos especificados.

Para tanto, as análises buscam identificar os impactos que a infraestrutura urbana pode gerar a usuários de diferentes modalidades, a saber: condutor de automóvel, ciclista, pedestre com mobilidade preservada, cadeirante e pessoa com deficiência visual.

Esses sujeitos da pesquisa foram selecionados por fazerem uso de modalidades de transporte mais recorrentes no município de Belém, bem como por sofrerem, com maior frequência, os impactos da ausência de infraestrutura adequada à mobilidade.

A pesquisa foi desenvolvida no município de Belém e os trajetos selecionados para análise buscaram representar realidades socioespaciais diversificadas da cidade: área de expansão urbana¹ (Percurso I), área de verticalização intensa (Percurso II) e área de inércia² (Percurso III). Esta diversidade permitiu a análise da estrutura interna do padrão de deslocamento.

Para o direcionamento da coleta de dados, foram delimitados três aspectos relacionados à infraestrutura urbana, para serem utilizados como parâmetros norteadores da pesquisa.

- a) Característica da via: pavimentação, sinalização, passeios, vias específicas para atender as modalidades em estudo e presença de barreiras arquitetônicas.
- b) Condição de fluidez de deslocamento e acessibilidade: repercussões das características, no que se refere às modalidades em estudo; condição de continuidade no trajeto; riscos físicos, acesso à residência e serviços.
- c) Relação entre as modalidades de transporte: compartilhamento de vias e riscos iminentes.

Assim, cada um dos percursos foi analisado, de forma a identificar quais impactos esses três aspectos da infraestrutura (característica da via, condição de fluidez, deslocamento e relação entre modalidades de transportes) poderiam gerar a mobilidade dos sujeitos da pesquisa.

Os dados foram coletados a partir de pesquisa de campo, observando os percursos descritos e seus usuários, bem como utilizando registro fotográfico de trechos específicos de vias que os compõem.

3.1 APRESENTAÇÃO DOS PERCURSOS

Os percursos serão apresentados em subseções, identificados numericamente como Percursos I, II e III.

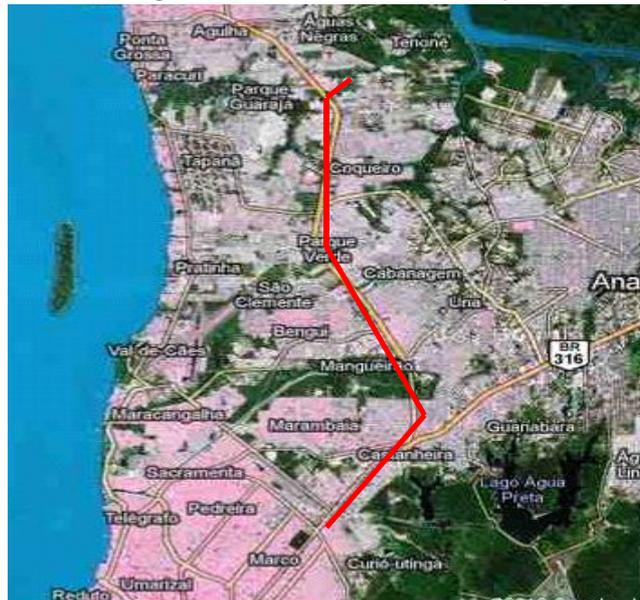
¹ Área delimitada pela lei nº 8.655, de 30 de julho de 2008 – Plano Diretor do Município de Belém.

² Para Corrêa (1993), é o processo sócio-espacial em que há a permanência de determinados usos em certos locais, apesar de cessado as causas que no passado justificaram a sua localização. Um exemplo de áreas de inércia ou cristalizadas são os centros históricos, salvaguardados por leis de preservação.

3.1.1 Percurso I

O primeiro percurso tem início na Rua Alacid Nunes, no bairro do Tenoné, continua na Rodovia Augusto Montenegro e termina na Universidade do Estado do Pará, na Avenida Almirante Barroso, entre a Avenida Dr. Freitas e a Travessa Perebebuí, bairro do Marco (Figura 1).

Figura 1 - Percurso I em destaque



Fonte: Disponível em <<http://wikimapia.org>>. Acesso em: 2010.

Esse percurso tem início em um bairro com características de área de expansão, as quais repercutiram nos padrões de infraestrutura das vias públicas locais. Para efeito desta pesquisa, este percurso foi analisado por trecho: Rua Alacid Nunes, Rodovia Augusto Montenegro e Avenida Almirante Barroso.

3.1.2 Percurso II

O segundo percurso inicia na Rua Antonio Barreto, bairro do Umarizal, e finaliza na Rua Padre Champagnat, bairro da Cidade Velha. Foram analisados os trajetos com maior extensão (comprimento), a partir daí se selecionou os trechos considerados mais representativos, quanto ao impacto de sua infraestrutura na mobilidade dos sujeitos em estudo.

O percurso está demonstrado na imagem por satélite (Figura 2). Este trajeto tem como característica estrutural principal uma verticalização intensa, no seu início, e diminuição gradativa dos gabaritos das edificações, em virtude da transição de uma zona de alto índice construtivo para zonas restritivas – Entorno do Centro Histórico e Centro Histórico³.

¹ Definições da Lei nº 7.709, de 18 de maio de 1994, conhecida como Lei do Centro Histórico.

Figura 2 - Percurso II em destaque.

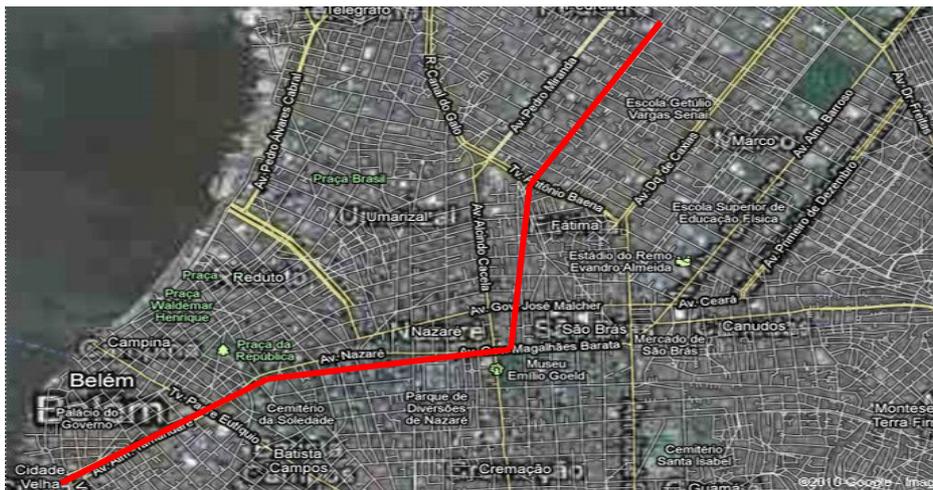


Fonte: Disponível em <<http://wikimapia.org>>. Acesso em: 2010.

3.1.3 Percurso III

O terceiro percurso inicia na Rua Cameté, no bairro da Cidade Velha e finaliza na Travessa Alferes Costa, no bairro da Pedreira (Figura 3). A área, ponto de partida do percurso, pertence ao centro histórico do município de Belém e possui características de inércia; seu término se dá em uma área, predominantemente, residencial (sem grandes restrições para novas construções, segundo o Plano Diretor do município).

Figura 3 - Percurso III em destaque.



Fonte: Disponível em <<http://wikimapia.org>>. Acesso em: 2010.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise dos resultados da pesquisa é apresentada em sessões relacionadas aos percursos de estudo e a cada um deles são apresentados os fatores relacionados a características da via; condições de fluidez e deslocamento e relação entre as modalidades de transportes.

Em seguida, apresentam-se as perspectivas dos usuários, em estudo, em relação aos fatores relacionados às vias.

4.1 PERCURSO I

4.1.1 Trecho I – Rua Alacid Nunes

No primeiro trecho do percurso I evidenciam-se as repercussões da infraestrutura nos padrões de mobilidade dos usuários desta via. A presença marcante de áreas de ocupação às margens da via podem justificar a ausência de ordenação ou mesmo de planejamento do espaço.

A Rua Alacid Nunes apresenta característica de via coletora por ligar vias locais do bairro com via arterial, bem como por servir de tráfego para transporte coletivo. Apesar do fluxo intenso de veículos e pessoas, a rua pode ser considerada estreita, já que suporta com segurança apenas um carro em cada uma das duas faixas de tráfego (Figura 4).

Figura 4 - Rua Alacid Nunes, Tenoné.



Fonte: Pesquisa de campo.

A presença de pontos comerciais, às margens da rua Alacid Nunes reforça o referido problema, pois a ausência de faixas para estacionamento ou acostamento obriga os condutores de veículos a pararem na própria via para terem acesso aos comércios, reduzindo ainda mais a capacidade de tráfego.

Associado a esses problemas, a rua apresenta pavimentação precária em praticamente toda sua extensão, o que gera transtornos na mobilidade não só para o condutor de veículos, como também para ciclistas e pedestres, como ou sem deficiência física (Figura 5).

Figura 5 - Pavimentação precária da via.



Fonte: Pesquisa de campo.

Para os ciclistas, a inexistência de infraestrutura na Rua Alacid Nunes é caracterizada pela ausência de vias específicas e, consecutivamente, pela necessidade de compartilhar as vias com os veículos automotores (Figura 6).

Figura 6 - Ciclista compartilhando a via com veículos.



Fonte: Pesquisa de campo.

Os pedestres, usuários da referida via, sofrem, principalmente com as características estruturais das calçadas. A ausência de continuidade e pavimentação são as principais falhas encontradas. Além disso, desníveis, degraus, bocas de lobo sem tampa e mobiliários urbanos, inadequados para uso, também foram encontrados (Figuras 7 e 8).

Figura 7 - Calçadas sem pavimentação, associada à presença de desnível e obstáculos.



Fonte: Pesquisa de campo.

A falta de estrutura adequada nas calçadas leva a prejuízos maiores na mobilidade, especialmente quando analisada a partir da perspectiva de uma pessoa com deficiência física, como é o caso dos cadeirantes e dos portadores de deficiência visual.

Para o cadeirante, as calçadas são espaços que impedem consideravelmente a circulação. Pelos mesmos motivos já expostos para o pedestre sem deficiência, ao cadeirante ainda incluem a ausência de rampas, guias rebaixadas, o que leva esse usuário a ter que fazer uso da rua para trafegar, causando riscos a sua integridade física, compartilhando a via com os veículos.

A pessoa com deficiência visual está submetida a sérios riscos ao transitar pelas calçadas da Rua Alacid Nunes, pois a ausência de estrutura adequada, como já mencionada, remete a ausência de sinalização específica, como a presença de pisos táteis. Boca de lobo sem tampa e desníveis de piso são pontos importantes encontrados na pesquisa que interferem na mobilidade deste tipo de usuário.

Figura 8 - Boca de lobo sem tampa e mobiliários urbanos dispostos inadequadamente.



Fonte: Pesquisa de campo.

4.1.2 – Trecho II – Rodovia Augusto Montenegro

A Rodovia Augusto Montenegro é um dos principais corredores de tráfego do município de Belém, pois é a via de ligação entre a primeira légua patrimonial e o Distrito de Icoaraci.

Em toda a dimensão do Trecho II observa-se o predomínio de conjuntos e condomínios habitacionais, uns antigos e outros em fase de construção. Esses condomínios em construção estão modificando a característica do espaço ao longo da Rodovia. Além disso, a modificação espacial na Rodovia é reforçada pela presença de empreendimentos comerciais e de serviços, atraídos pela expansão de mercado originada pelos empreendimentos imobiliários, ali instalados.

Em relação à mobilidade, a característica da via é de adequação, quase que exclusivamente, aos automóveis, visto que: apresenta dois sentidos separados por um canteiro central; o tráfego de veículos é intenso, o que leva a pontos de engarrafamento em horários de pico (entre 06 e 08 horas e entre 17 e 20 horas).

A pavimentação do Trecho II é insuficiente em alguns pontos, com presença de buracos e “remendos”, que levam a ondulações e instabilidade para os veículos. Em alguns pontos não há sinalizações verticais ou horizontais, como a delimitação de faixa de tráfego ou de ciclofaixa (Figura 9).

Figura 9 - Ausência de demarcação da ciclofaixa e motociclista trafegando no espaço destinado ao ciclista.



Fonte: <<http://blogdojeco.blogspot.com>>, 2010.

Figura 10 - Obras da ciclovia inacabada.



Fonte: <<http://blogdojeco.blogspot.com>>, 2010.

De acordo com as observações empíricas, a existência de ciclofaixa poderia ser um ponto positivo dessa Rodovia, já que se trata de uma via específica para os ciclistas. Entretanto, a presença de pontos sem a demarcação adequada, como mencionado anteriormente, causa insegurança a quem utiliza a bicicleta. A construção de uma ciclovia, no canteiro central, foi iniciada, porém apresenta característica de abandono, pois não se encontrou operários dando continuidade ao trabalho (Figura 10).

Observou-se, por fim, que os pedestres, com ou sem deficiência, são desprivilegiados nessa Rodovia, visto que há grandes trechos sem calçadas às margens, o que obriga a alguns pedestres a trafegarem pelo canteiro central, porém esta opção não é segura para o cadeirante ou para pessoa com deficiência visual, já que o terreno é irregular.

4.1.3 Trecho III – Avenida Almirante Barroso

A Avenida Almirante Barroso assume grande importância, em termos de mobilidade, no município de Belém, por ser considerada a principal via de entrada e saída da cidade, unindo os municípios da região metropolitana.

A avenida passou por obras de infraestrutura em um passado recente, quando transformaram as quatro pistas existentes em apenas duas pistas de sentidos opostos, separadas por um canteiro central onde foi construída uma ciclovia.

O automóvel é o modo de transporte privilegiado nessa avenida, visto que existem quatro faixas de tráfego em cada uma das pistas, sendo duas para circulação preferencial de ônibus (Figura 11). Apresenta pavimentação satisfatória, porém, a condição de fluidez da avenida se torna limitada, muitas vezes, pelo excesso de veículos que circulam na via.

Figura 11 - Avenida Almirante Barroso, faixas preferenciais para circulação de ônibus.



Fonte: Pesquisa de campo.

No trecho III o ciclista possui via específica para sua circulação, porém o problema encontrado está na ausência de ligação com outras vias destinadas a ciclistas, ao longo do percurso (Figura 12).

Figura 12 - Ciclovía da Av. Almirante Barroso.



Fonte: Pesquisa de campo.

Para o pedestre há presença de calçadas ao longo da via, entretanto, é possível encontrar obstáculos como buracos, ponto de ônibus, ambulantes e desníveis que dificultam o trajeto (Figura 13).

Figura 13 - Calçada compiso irregular e presença de ambulante e, ao lado, áreas sem pavimentação.



Fonte: Pesquisa de campo.

Duas passarelas para travessia de pedestres são encontradas na referida avenida, porém em ambas o acesso é feito somente por escadas, o que impossibilita a utilização pelo cadeirante. Este usuário sofre, ainda, pela falta de rebaixamento de guia, principalmente em intercessões com outras vias, bem como pela presença de obstáculos no passeio.

O mesmo problema pode ser vivenciado pelo usuário que possui deficiência visual, pois na via não são encontradas sinalizações de alerta ou direcionais que favoreçam a sua mobilidade.

4.2 PERCURSO II

4.2.1 Trecho I – Rua Antonio Barreto

O trecho em questão apresenta grande tráfego de veículos, poucos ciclistas (não possui ciclovia) e bastante pedestres ao longo da via de três faixas, e sentido único, caracterizada como via coletora. Possui boa pavimentação e passeios que permitem ao transeunte, sem restrição de mobilidade, transitar sem dificuldades. Somente ao seu final apresenta guias de calçada rebaixadas (interseção com a Avenida Visconde de Souza Franco). O entorno verticalizado é uma característica marcante na paisagem deste trecho (Figura 14).

Figura 14 - Rua Antonio Barreto.



Fonte: Pesquisa de campo.

Observou-se que o condutor é o que melhor possui condições de deslocamento neste trecho, usufruindo de um pavimento em boas condições e o trânsito fluído com rapidez.

Para o ciclista o principal problema é a ausência de uma faixa exclusiva, o que o faz disputar o espaço com os veículos, chegando, algumas vezes, a ocupar uma faixa de forma individual.

No caso do pedestre, há uma relativa facilidade de deslocamento já que a calçada apresenta poucos desníveis. No que diz respeito ao cadeirante, neste trecho, com exceção da passagem pela Avenida Visconde de Souza Franco, não há guias rebaixadas para acesso de cadeira de rodas. Além disso, determinados trechos do passeio não permitem a passagem do cadeirante em função da diferença de nível. No geral, o cadeirante consegue trafegar pela calçada, mas não consegue, sem auxílio, atravessar os cruzamentos pela falta de guias rebaixadas.

Tal qual ocorre com o cadeirante, o deficiente visual enfrenta dificuldades para se deslocar nesse trecho, visto que as calçadas não possuem a sinalização tátil ao longo do seu pavimento, nem ao redor do mobiliário urbano existente, constituindo-se num exercício penoso o seu caminhar pelos passeios analisados.

4.2.2 Trecho II – Rua Tiradentes

A Rua Tiradentes é uma via com boas condições de pavimentação, porém com calçadas apresentando vários desníveis, conseqüência provável de sua topografia irregular. Nela, muitos veículos trafegam e vê-se a presença de poucos ciclistas que se deslocam com certa dificuldade, em virtude da pista de rolamento iniciar com duas faixas, alternar para uma faixa (sua maior extensão) e transformar-se, próximo ao seu término, em duas faixas novamente. Possui menos pedestres em relação ao trecho anterior.

Neste trecho o condutor é o que continua tendo as melhores condições de deslocamento, pois este usufrui de um pavimento em boas condições e o trânsito flui com certa velocidade. Porém, precisa ter atenção com os ciclistas que disputam espaço com os veículos.

Como foi mencionado, não há ciclovia para o ciclista, que é obrigado a se deslocar pela via, disputando espaço com os demais veículos. Na parte do trecho com uma faixa, o ciclista chega, em alguns momentos, a ocupá-la de forma individual. O pedestre, por sua vez, encontra certa dificuldade para locomover-se, uma vez que o passeio apresenta inúmeros desníveis (Figura 15), estreitamento e bueiros ao seu término e continuidade.

Quanto ao cadeirante, não há guias rebaixadas para acesso da cadeira de rodas. Determinados trechos do passeio não permitem a passagem da cadeirante em função dos desníveis e estreitamento do passeio. Conseqüentemente, o cadeirante não consegue trafegar pela calçada com autonomia, necessitando de auxílio para deslocar-se.

O deficiente visual, assim como o cadeirante, possui grandes dificuldades para se deslocar no trecho em questão. Tais dificuldades advêm dos desníveis de piso no passeio, da falta de sinalização tátil ao longo do seu pavimento e ao redor do mobiliário urbano existente.

Figura 15 - Desníveis na calçada.



Fonte: Pesquisa de campo.

4.2.3 Trecho III – Rua Riachuelo

Do percurso II, o trecho III é o mais representativo em termos de falta de infraestrutura, o que desfavorece a mobilidade urbana. A paisagem é marcada pela presença de construções de baixa altura, construídas no nível do alinhamento, com um passeio estreito e uma via local com uma faixa de rolamento. Nessa via observa-se um tráfego

considerável de veículos, poucos pedestres e bicicletas. As condições de pavimentação da via são boas, no entanto, a calçada apresenta uma série de obstáculos. As características desta via são descritas a seguir.

O condutor disputa o espaço da via com os ciclistas, mas, ainda assim, consegue trafegar com certa facilidade, embora tenha que ficar atento aos ciclistas e aos pedestres que necessitam se desviar de obstáculos no passeio; para o ciclista, existe o perigo de se chocar com um veículo, devido à disputa de espaço com este, embora seja possível observar ciclistas ocupando, de forma individual, a faixa; o pedestre encontra grande dificuldade para andar pelo passeio, visto que depara-se com veículos e obstáculos sobre este; o cadeirante, ao circular pela Rua Riachuelo, enfrenta o pior cenário de todo o percurso: barracas, lixo e veículos sobre o passeio, além da largura insuficiente para passagem da cadeira de rodas. Para o deficiente visual as barreiras, já descritas, tomam o trajeto um tanto perigoso. Diante disso, este tem que se deslocar desviando dos obstáculos, adentrando o leito carroçável, além de enfrentar situações que apresentam desníveis entre o passeio e o leito carroçável (Figura 16).

Figura 16 - Situações de obstruções e desníveis nas calçadas.



Fonte: Pesquisa de campo

4.3 PERCURSO III

4.3.1 Trecho I – Rua Cametá, esquina com a Travessa Alenquer, seguindo a Avenida Almirante Tamandaré.

Trata-se de uma via com residências de um ou dois pavimentos, de calha estreita, que não suporta, com segurança, mais de um carro. Observa-se na Figura 17, o esta-

cionamento irregular de veículos, o que dificulta a circulação do pedestre, do cadeirante e do deficiente visual. Ao chegar na Av. Tamandaré, uma via de mão dupla, dividida por um canal, a pavimentação muda para blocos de concreto.

Neste trecho, o condutor de automóvel precisa redobrar a atenção, pois a via é estreita, o que dificulta a visibilidade, podendo surgir, de forma inesperada, um elemento surpresa como um pedestre ou animais, que exige conhecimento do condutor acerca de direção defensiva. Ao chegar na Av. Tamandaré os blocos causam trepidação no veículo e obrigam o condutor a diminuir a velocidade.

O pedestre, ao se deslocar no trecho citado anteriormente, pelas calçadas, encontra pavimentações irregulares, buracos, aclives e declives, e enfrenta grandes dificuldades de locomoção. Na figura 17, vêem-se calçadas com degraus acentuados e superfície bastante irregular, além de um poste, que obstrui a passagem, provocando a circulação do pedestre pela pista de rolamento.

Figura 17 - Veículo estacionado na própria via.



Fonte: Pesquisa de campo

Nas vias estreitas da Cidade Velha, não há ciclovias ou ciclofaixas, os ciclistas, em grande número, concorrem com os carros, invadindo as faixas de tráfego, o que torna frequente a ocorrência de acidentes envolvendo ciclistas e automóveis/ônibus.

Tal qual observado em outros trechos e percursos estudados, na Rua Cameté o usuário de cadeira de rodas não conta com infraestrutura adequada, como calçadas regulares e com rampas de acesso à via, o que faz que com que o cadeirante acabe dividindo a faixa de rolamento com os demais veículos. Outro aspecto que acaba contribuindo para isso é o fato de o passeio, frequentemente, encontrar-se ocupado por lixo, entulho e vendedores ambulantes. Vale destacar, que o grau de dificuldade aumenta, ainda mais, pela vibração a que o cadeirante submete-se, provocada pela superfície irregular dos blocos, que além da vibração pode representar riscos de quedas do cadeirante ou de danos à cadeira.

De igual modo, a pessoa com deficiência visual enfrenta inúmeras dificuldades em circular pelas vias estreitas desse trecho, pois além da inexistência de sinalização tátil nas calçadas, tem-se a presença de lixos, entulhos e barracas de comércio informal, que impedem a passagem dessas pessoas. Além disso, a existência de bueiros, frequentemente, sem tampas, pode causar danos à integridade física desse usuário.

4.3.2 Trecho II - Avenida Nazaré a Travessa 9 de Janeiro

O início deste trecho requer, do condutor de automóvel, habilidade e cautela, pois há um fluxo intenso de pessoas, veículos e ciclistas. Na esquina da Av. Nazaré com a Tv. 9 de Janeiro, o trânsito é lento devido ao aumento de tráfego. Trata-se de uma via larga, com duas faixas de rolamento e faixa de estacionamento para veículos (Figura 18). Tal qual ocorre em outros trechos de Belém, neste o ciclista não conta com infraestrutura adequada, pois não há faixas exclusivas (ciclovias), o que o obriga a se deslocar entre os carros, expondo-se a perigos de acidente.

Figura 18 - Tv. 9 de Janeiro.



Fonte: Pesquisa de campo.

Observou-se que neste trecho o pedestre dispõe de calçadas largas, porém, irregulares e, em alguns trechos, o passeio é revestido com material de superfície lisa, o que pode acarretar em quedas para o transeunte. Pode-se observar, ainda, nos passeios, a presença de barracas (comércio informal) que obstaculizam a circulação.

Para o usuário de cadeira de rodas o deslocamento ocorre com grande dificuldade – em virtude da presença, na calçada, dos obstáculos já descritos e a falta de guias rebaixadas. De igual modo, o portador de deficiência visual encontra muitas dificuldades para se deslocar, pois as calçadas possuem piso irregular e não dispõem de sinalização tátil. Além disso, barreiras arquitetônicas como postes e placas de sinalização, somadas a presença de lixo, fazem com que o deficiente visual perca sua autonomia em sua locomoção.

4.3.3 Trecho III

O início deste trecho acontece na Av. Marquês de Herval e finaliza na Tv. Alferes Costa (altura da Fundação Pública Hospital de Clínicas Gaspar Viana).

O condutor, ao trafegar pela esquina da Tv. 9 de Janeiro com a Av. Marquês de Herval, encontra um trânsito lento em função do aumento de tráfego de veículos, pedestres e ciclistas. A via tem boa largura, possui duas faixas de rolamento e faixa de estacionamento. Ademais, o canteiro central possui uma faixa exclusiva para ciclistas.

O pedestre, no trecho em questão, encontra calçadas largas, mas com diferentes desníveis e trechos ainda em reforma, o que dificulta a sua circulação.

O ciclista, neste trecho, dispõe de uma ciclovia central, de forma sinuosa, ao longo da via. No entanto, foi possível observar ciclistas utilizando a faixa destinada aos veículos, em vez da ciclofaixa.

Tal qual ocorre em outras vias públicas, analisadas neste estudo, nesta o usuário de cadeira de rodas necessita de uma melhor infraestrutura, pois, as barreiras nas calçadas, como material de construção e lixo, impedem o seu deslocamento. Também não há rebaixamento de guias. De igual modo, o deficiente visual sofre em função das mesmas dificuldades descritas para o cadeirante, além de não haver sinalização tátil.

5 CONCLUSÃO

Os resultados da pesquisa mostram o desafio diário, enfrentado pelos usuários das vias públicas, para a execução de uma simples atividade cotidiana, que é o deslocamento casa-trabalho. São evidências de que o deslocamento pelas grandes cidades está cada vez mais conturbado, principalmente, pela disputa do espaço.

Entende-se que para diminuir essa disputa a infraestrutura da cidade teria que atender, com equidade, a todos os usuários. Porém, a partir da análise dos dados dos três percursos estudados, foi possível evidenciar que a infraestrutura para mobilidade na cidade é direcionada ao tráfego do automóvel em detrimento as outras modalidades.

Observou-se que os ciclistas começam a adquirir alguns espaços de circulação específica, mas ainda está longe do ideal, uma vez que ainda são obrigados, em vários trechos, a compartilhar a mesma via com os automóveis. De modo geral, as ciclofaixas e ciclovias não atendem a necessidade do usuário, seja pela ausência de conexões ou pelas características estruturais das mesmas.

Para os pedestres, com ou sem deficiência física, a disputa pelo espaço não é dada apenas entre os usuários, mas também, com os obstáculos que são encontrados nas vias: ausência de pavimentação nas calçadas, de espaço adequado para circulação e de sinalização, estacionamentos inadequados, entre outros, são fatores evidenciados pela pesquisa, que interferem no deslocamento seguro, independente e autônomo desses usuários.

Portanto, a pesquisa pode ser utilizada como um indicativo de como a infraestrutura da cidade pode impactar no cotidiano das pessoas, uma vez que limita uma ação fundamental das pessoas.

A partir das informações apresentadas neste estudo é possível levantar indicadores para pesquisas mais aprofundadas sobre mobilidade, bem como favorecer no entendimento ou execução de planejamentos para desenvolver a mobilidade no contexto urbano.

REFERÊNCIAS

ALBANO, João Joaquim. **Circulação e mobilidade urbana**. Lastran/ UFRGs. Disponível em: http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/494_151mobilidade_aspectos_conceituais_%5Bmodo_de_compatibilidade%5D.pdf. Acesso em: 22 out. 2010.

ALVES, Priscila; RAIA JR, Archimedes Azevedo. **Mobilidade e acessibilidade urbanas sustentáveis**: a gestão da mobilidade no Brasil. Disponível em: <<http://www.ambiente-augm.ufscar.br/uploads/A3-039.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2010.

BELÉM. Lei nº 8.655, de 30 de julho de 2008. **Dispõe sobre o Plano Diretor do Município de Belém, e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.belem.pa.gov.br/planodiretor/Plano_diretor_atual/Lei_N8655-08_plano_diretor.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2010.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. 9. ed. rev. atual. e ampl. São Paulo: RT, 2004.

CORREIA, Roberto Lobato. **O espaço urbano**. São Paulo: Ática, 1993, p. 36-78.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico de 2000. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.

PIRES, Ailton Brasiliense; VASCONCELOS, Eduardo Alcântara; SILVA, Ayrton Camargo e. **Transporte humano**: cidades com qualidade de vida. São Paulo: ANTP, 1997.

SOUZA, Marcelo Lopes. **ABC do desenvolvimento urbano**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

SILVEIRA, J.A.R. **Percursos e processo de evolução urbana**: uma análise dos deslocamentos e segregação na cidade. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/08.090/191>>. Acesso em: 23 ago. 2010.

VILLAÇA, Flávio. **Espaço intra-urbano**. São Paulo, Studio Nobel, 2001.

YIN, Robert K. **Estudo de caso**: planejamentos e métodos. Porto Alegre: Bookman. 2005.



**DIAGNÓSTICO DA POTENCIAL POLUIÇÃO NOS RIOS
DO ARCO DO DESMATAMENTO BRASILEIRO:
ESTUDO DE CASO DOS RIOS ARARANDEUA E PEBAS EM RONDON DO PARÁ**

*Augusto da Gama Rego**
*Lindemberg Lima Fernandes***
*Alberto Carlos de Melo Lima****

RESUMO

O trabalho apresenta um diagnóstico da situação em que se encontram os rios localizados no arco do desmatamento brasileiro, especificamente, em cidades onde a agropecuária é a principal atividade econômica. A pesquisa foi realizada, por meio de estudo de caso, nos rios Ararandeuá e Pebas (município de Rondon do Pará) e em duas etapas: a Etapa 01 consistiu na pesquisa documental sobre a área de estudo, levantando informações sobre as principais atividades econômicas locais e seus possíveis impactos ambientais e a Etapa 02 consistiu na identificação *in loco* dos pontos potenciais de degradação nos rios da região. Os resultados mostraram um cenário negativo, aonde os rios Ararandeuá e Pebas vêm recebendo despejos domésticos e industriais sem tratamento adequado.

Palavras chave: Amazônia. Impactos Ambientais. Recursos Hídricos.

**DIAGNOSTIC POTENTIAL OF POLLUTION IN RIVERS OF
THE ARC OF BRAZILIAN DEFORESTATION:
CASE STUDY OF RIVERS ARARANDEUA AND PEBAS IN RONDON OF PARÁ**

ABSTRACT

The paper presents an situation assessment of the rivers located in Brazilian arc of deforestation, through case study in Rondon do Pará, town where the cattle rising main economic activity. The investigation was conducted in two stages: The 1st Stage consisted in documental research on the study area, raising about the principal activities eco-

* Doutorando em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia (PRODERNA/UFPA). Pesquisador do Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos da Amazônia (GRHAMA/UFPA). E-mail: augustorego@ufpa.br.

** Doutor em Ciências: Desenvolvimento Sócio-ambiental (NAEA/UFPA). Pesquisador do GRHAMA. Professor Adjunto da Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental (FAESA/ITEC/UFPA) e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC/UFPA).

*** Doutor em Hidráulica e Saneamento (EESC-USP). Pesquisador do Núcleo de Pesquisa em Qualidade de Vida e Meio Ambiente da UNAMA. Professor Titular do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia e do Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente Urbano da UNAMA e Professor da Universidade do Estado do Pará (UEPA).

conomic of the region and their possible environmental impacts; The 2nd Stage consisted of identification in situ of the potentials degradation points in local rivers. The results have showed an unfavorable scenario: The Rivers of the Rondon do Pará have been receiving untreated domestic and industrial sewage.

Key words: Amazon. Environmental Impacts. Water Resources.

1 INTRODUÇÃO

A Amazônia é conhecida por sua grande biodiversidade. Historicamente, esse território brasileiro vem sofrendo com as mais diversas formas de degradação ambiental, a mais conhecida é o desmatamento, onde, os recursos naturais podem ser destruídos durante esse processo.

Segundo Rivero *et al.* (2009), dentre as causas do desmatamento na Amazônia estão a pecuária e a produção de soja. O autor afirma que a pecuária é a atividade que mais fortemente influencia no desmatamento, principalmente considerando o aumento da demanda nacional e internacional por carne. Por outro lado, o desmatamento da floresta não é o único problema ambiental encontrado nesse cenário. As atividades correlatas a que se conhece atualmente como principal causa do desmatamento, a pecuária, podem estar trazendo consequências negativas ao meio ambiente.

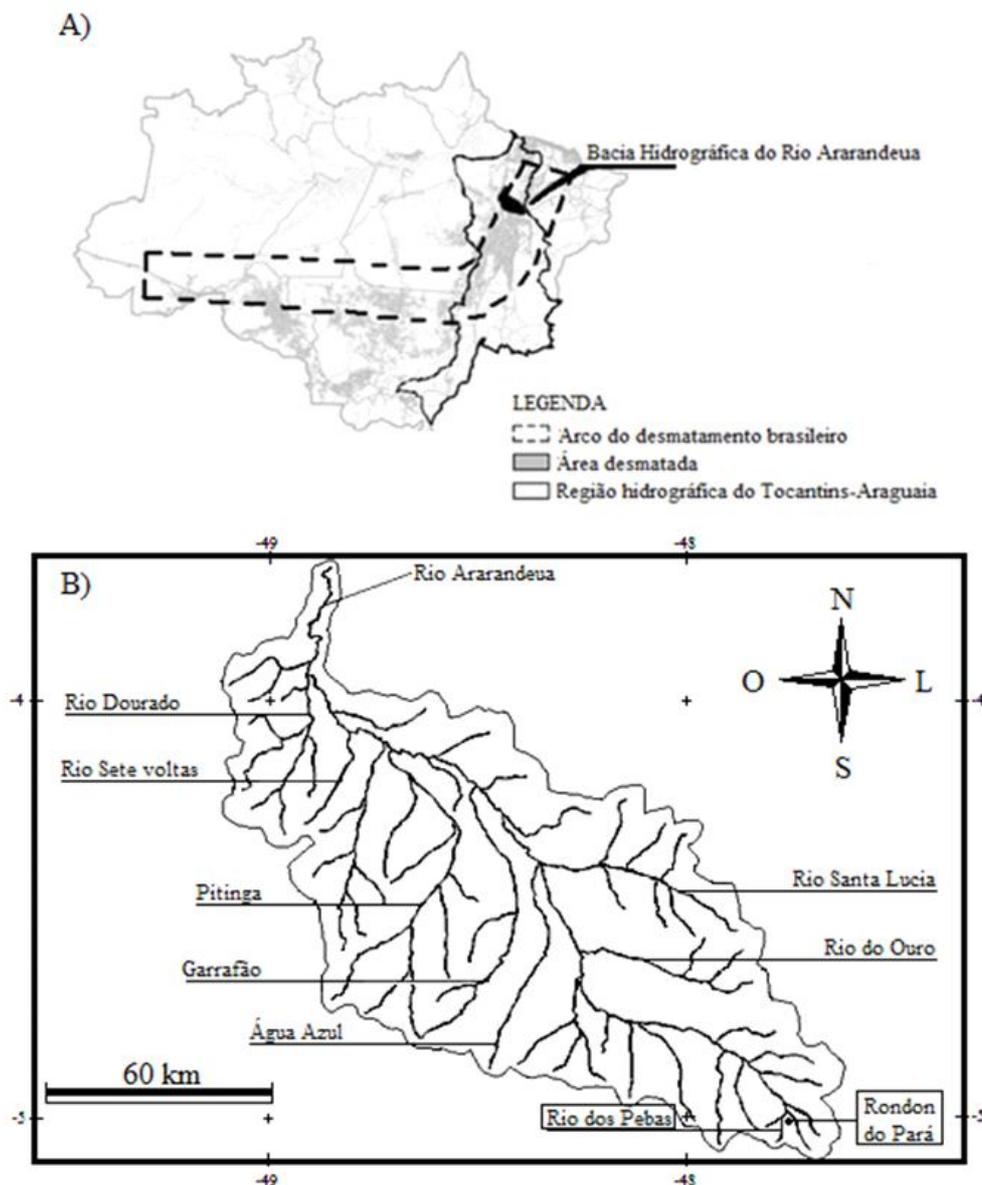
Nesse contexto, foi desenvolvido um estudo de caso no rio Ararandeuá e no seu afluente rio dos Pebas, considerados os dois principais rios do município de Rondon do Pará. Nesse trabalho, será apresentado um cenário conhecido, porém pouco mencionado, onde, da criação ao abate dos animais para produção de carne, a geração de resíduos, principalmente, sólidos e líquidos se torna grande problema para os recursos hídricos, principalmente considerando a deficiência local no tratamento dos despejos.

A pesquisa tem como objetivo diagnosticar a situação dos rios localizados no arco do desmatamento da Amazônia, considerando o estudo de caso dos rios Ararandeuá e Pebas no município de Rondon do Pará.

2 AREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada na bacia hidrográfica do rio Ararandeuá (BHRA), que por sua vez está contida no arco do desmatamento brasileiro, como mostrado na Figura 1A. Segundo Filho (2009), o Ararandeuá possui extensão de 1585 km e é o principal rio da BHRA, porém outros rios são apresentados na Figura 1B, que destaca, ainda, a sede do município de Rondon do Pará (principal município contido na bacia) e o rio dos Pebas.

Figura 1 – (a) Arco do desmatamento (b) Detalhe na bacia de estudo.



Fonte: Ministério da Integração Nacional, 2006, adaptado por Filho, 2009.

A história de Rondon do Pará teve início no contexto da Ditadura Militar, onde a Amazônia era considerada um grande vazio demográfico e foi alvo de um plano geoestratégico para proteger o território brasileiro não habitado. A política de integração visava interligar através de rodovias as grandes cidades da região que se encontravam isoladas e às margens dessas surgiriam novos núcleos habitacionais. Rondon do Pará foi criada através da Lei Nº. 5.027 de 13 de maio de 1982, com área desmembrada do município de São Domingos do Capim. Sua instalação aconteceu no dia 2 de fevereiro de 1983.

Segundo a Secretaria Executiva de Estado de Planejamento, Orçamento e Finanças – SEPOF/PA – (2007), a população de Rondon do Pará em 2007 chegou a 47.284 habitantes. A Sede do Município de Rondon do Pará está localizada no alto Ararandeua, cerca de 60 km da nascente do rio. Os rios que contornam a sede são o próprio Ararandeua (na parte superior) e um dos seus principais tributários, o Pebas (na parte inferior) (Figura 2).

Figura 2 – Centro Urbano de Rondon do Pará



Fonte: Google Earth, 2008.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa consiste em estudo exploratório e descritivo da situação dos rios no arco do desmatamento brasileiro. O estudo foi desenvolvido através de estudo de caso no município de Rondon do Pará e foi dividido em duas etapas:

- a) A primeira etapa se concentrou em estudo documental visando identificação e caracterização geral da área de estudo. Nessa etapa foram levantadas informações nos bancos de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), além das informações disponíveis na Secretaria Municipal de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente de Rondon do Pará.
- b) A segunda etapa se concentrou em estudo de campo na sede do município de Rondon do Pará. Nessa etapa foram realizadas duas campanhas no ano 2009 com objetivo de percorrer o trecho estudado dos rios Ararandeua e Pebas para identificar e realizar registro fotográfico dos pontos potenciais de degradação. Com essas informações foi possível levantar os principais impactos ambientais relacionados à realidade encontrada. Por fim, foi criado um mapa de com os pontos potenciais de degradação dos recursos hídricos superficiais no município de Rondon do Pará.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da pesquisa são apresentados de acordo com as duas campanhas realizadas no estudo de campo: O primeiro segue o rio Ararandeuá desde suas nascentes até a saída da área da sede municipal de Rondon do Pará e o segundo percorre o rio dos Pebas desde a entrada na sede municipal até seu encontro com o rio Ararandeuá.

4.1 ÁREA DAS NASCENTES DO RIO ARARANDEUÁ

A área onde se encontram as nascentes do rio Ararandeuá foi o primeiro ponto explorado na pesquisa (Figura 3). Não foi verificado no local o "Paralelogramo de Cobertura Florestal", área de proteção de nascentes em forma de paralelograma: na qual são vedadas a derrubada de árvores e qualquer forma de desmatamento de acordo com a Lei Federal N.º 7.803 de 18 de Julho de 1989, e que é fixada em um raio mínimo 50m para rios com largura entre 10m e 50m pela Lei Federal N.º 4.771 de 15 de Setembro de 1965.

Figura 3 – Nascentes do rio Ararandeuá.



Fonte: Pesquisa de Campo.

Descendo o rio Ararandeuá, cerca de 300m das suas nascentes, foi identificada uma indústria de laticínios. O empreendimento lança seus efluentes no rio Ararandeuá, porém foi constatada através de visita técnica, que o mesmo possui irregularidades, já que a estação de tratamento de esgotos (ETE) da indústria se encontra inoperante (Figura 5). Logo o efluente industrial é lançado sem tratamento.

Figura 4 – Visão geral da estação de tratamento de esgoto da indústria.



Fonte: Pesquisa de Campo.

O trecho do rio Ararandeuá que recebe os efluentes da indústria de laticínios tem seus usos limitados apenas à diluição de despejos, pois no local foi observada, além da degradação da mata ciliar, uma grande quantidade de plantas aquáticas, possivelmente pelo excesso de nutrientes, principalmente Fósforo, provenientes do esgoto industrial (Figura 4).

Figura 5 – Área próxima aos despejos industriais de laticínio nas chuvas.



Fonte: Pesquisa de campo.

A proliferação de plantas aquáticas, apresentada na Figura 4, é facilitada pela existência (à sua jusante) de um ponto de estrangulamento do rio Ararandeuá (Figura 6), logo, o volume de água que deveria fluir naturalmente acaba criando, nesse ponto, uma espécie de reservatório com condições propícias à eutrofização.

Figura 6 – Ponto de saída do estrangulamento do rio Ararandeuá próximo às suas nascentes.



Fonte: Pesquisa de campo.

4.1.1 O rio Ararandeuá na sede de Rondon do Pará

O rio Ararandeuá no ponto de entrada da sede de Rondon do Pará apresenta o melhor aspecto visual identificado durante a pesquisa. Os usos múltiplos da água verificados no local são: recreação e lazer, pesca, manutenção de fauna e flora, navegação de pequeno porte e dessedentação de animais. É importante ressaltar que, ao se considerar a recreação e lazer, as áreas não contam com nenhum plano de monitoramento de balneabilidade. As Figura 22 e Figura 23 apresentam os balneários localizados na entrada da sede de Rondon do Pará: “Cai n’água” e o balneário “Rio dos Garimpos”, respectivamente.

Figura 7 – Balneário “Cai n’água”.



Fonte: Pesquisa de campo.

Figura 8 – Balneário “Rio dos Garimpos”.



Fonte: Pesquisa de campo.

Rondon do Pará não possui rede de esgotamento sanitário. O tratamento dos efluentes domésticos é feito com uso de fossas sépticas. Para agravar esse cenário, parte da população lança esgoto diretamente na rede de drenagem, que chega ao rio Ararandeua através de três tubulações de grande diâmetro à jusante dos balneários “Cai n’água” e “Rio dos garimpos”, como apresentada na Figura 9.

Figura 9 – Rede de drenagem que recebe contribuição de esgotos domésticos.



Fonte: Pesquisa de campo.

No trecho do rio Ararandeuá estudado, foi verificado ainda, a existência de uma indústria de extração de minérios (Figura 10), onde a extração de agregados (seixo) e areia deixa trazer prejuízos ao corpo d'água.

Figura 10 – Extração de minério no rio Ararandeuá.



Fonte: Pesquisa de campo.

Segundo informações da população local, já não se sabe a profundidade do rio Ararandeuá nesse ponto, haja vista a retirada de material pela indústria. A camada de óleo deixada é visível e caracteriza-se também com uma agressão ao ambiente aquático, pois impossibilita as trocas gasosas entre os rios e a atmosfera, influenciando, por exemplo, na concentração de oxigênio dissolvido, gerando então uma cadeia de consequências negativas.

O ponto com registro fotográfico (Figura 11) do rio Ararandeuá mais próximo da saída da sede de Rondon do Pará está dentro dos limites de uma fazenda e o acesso só foi possível mediante a autorização do proprietário. O corpo d'água apresenta considerável turbidez e fica à montante de pastos utilizados na criação de rebanhos bovinos.

Figura 11 – Rio Ararandeuá na saída da sede municipal de Rondon do Pará.



Fonte: Pesquisa de campo.

4.2 RIO DOS PEBAS

Os usos identificados no rio dos Pebas foram: recreação e lazer, pesca, manutenção de fauna e flora, navegação de pequeno porte e dessedentação de animais e diluição de despejos. Porém a existência de atividades potencialmente poluidoras no rio dos Pebas pode limitar os usos múltiplos da água no mesmo.

Próximo ao ponto onde o rio dos Pebas adentra na sede de Rondon do Pará está localizado o matadouro municipal (Figura 12), que atende grande parte dos produtores do município e despejava seu esgoto no curso d'água com tratamento deficiente. A descarga é proveniente de diversas etapas do abate (currais, sangria, decapitação etc.) e é composto principalmente por fezes, sangue e gorduras.

Figura 12 – Matadouro municipal de Rondon do Pará.



Fonte: Pesquisa de campo.

O curral do matadouro (Figura 13) possui um sistema de drenagem através de canaletas que escoam efluente da área para uma tubulação que recebe também contribuição das demais etapas do processo de abate.

Figura 13 – Curral do matadouro, escoamento das fezes feito por canaletas.



Fonte: Pesquisa de campo.

Até o ano de 2008, a canalização que recebia o esgoto de todo o processo de abate do matadouro municipal não chegava às margens do rio dos Pebas, o que não impedia de ser visível a zona de mistura esgoto/rio (Figura 14).

Figura 14 – Tubulação de esgoto.



Fonte: Pesquisa de campo.

Em 2009, foi implantada uma unidade de tratamento de esgotos no local na tentativa de minimizar os impactos ambientais provenientes do empreendimento, porém o tratamento não se mostra eficiente. A unidade consiste em captar o esgoto gerado e encaminhá-lo através de tubulação, interceptada por uma sequência de caixas de retenção de gordura, até chegar a um tanque séptico (Figura 15).

Figura 15 – Tratamento de esgoto do efluente do matadouro municipal.



Fonte: Pesquisa de campo.

O destino final do efluente tratado é uma unidade de infiltração (sumidouro), que, não foi dimensionada de forma correta, já que o volume de efluente é superior à capacidade de absorção do solo na área (Figura 16). Com as chuvas o sumidouro, que é céu aberto, transborda e o esgoto escoo pela superfície até chegar ao rio.

Figura 16 – Sumidouro do matadouro municipal a céu aberto.



Fonte: Pesquisa de campo.

O rio dos Pebas ainda recebe contribuições de efluentes provenientes de uma indústria de laticínios provavelmente sem tratamento, o que contribui para a degradação do rio (Figura 17).

Figura 17 – Efluente de laticínio sendo lançado no rio dos Pebas.



Fonte: Pesquisa de campo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É notório o cenário potencial de degradação encontrado nos rios Ararandeuá e Pebas, no trecho localizado na sede do município de Rondon do Pará. Esse quadro, provavelmente é comum a vários outros municípios contidos no arco do desmatamento, principalmente considerando aqueles que possuem a agropecuária como principal atividade econômica.

Nesse contexto, o desmatamento passa a ser apenas mais um dos problemas ambientais encontrados nessa região. É necessário salientar cada vez mais para a sociedade que as atividades industriais ligadas à pecuária podem estar se tornando as principais fontes potenciais de degradação da qualidade dos recursos hídricos, como foi visto no estudo de caso.

É necessário que exista um maior controle das fontes de poluição, iniciando com o cadastramento dessas fontes, o que não foi encontrado na área de estudo. Alguns pontos potenciais de poluição não eram do conhecimento do poder público, como por exemplo, o ponto de lançamento de esgotos da indústria de laticínios a jusante da área das nascentes do rio Ararandeuá.

Visando uma melhoria na qualidade das águas dos rios Ararandeuá e Pebas, faz necessário que se defina uma política de monitoramento de vazões e de parâmetros de qualidade da água, esses resultados serão imprescindíveis para o planejamento e gestão de recursos hídricos na bacia.

AGRADECIMENTOS

O primeiro autor informa que a pesquisa fez parte do Projeto "Água e Cidadania para o Desenvolvimento Local Sustentável das Bacias Hidrográficas de Rondon do Pará", financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPQ – Brasil, e agradece pelo apoio financeiro através de bolsa de mestrado da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Pará, FAPESPA – Brasil.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Plano Amazônia Sustentável. **Diretrizes para o desenvolvimento sustentável da Amazônia**. Brasília: Ministério da Integração Nacional/Ministério do Meio Ambiente, 2006. 110p. Disponível em <http://www.integracao.gov.br/pdf/desenvolvimentoregional/pas.zip>. Acesso em: 15 Mai. 2009.

FILHO, F. C. O. C.. **O reflexo da degradação ambiental e sua relação com a gestão hídrica da bacia hidrográfica do rio Ararandeuá - PA**. Belém - PA: Universidade Federal do Pará, 2009. 71p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, linha de pesquisa Recursos Hídricos.

MAGALHÃES, R. C.. **Cenários, como base do planejamento em recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Ararandeuá**. Belém - PA: Universidade Federal do Pará, 2008. 120p. Projeto de dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, linha de pesquisa Recursos Hídricos.

RIVERO, S.; ALMEIDA, O.; ÁVILA, S.; OLIVEIRA, W.. Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. **Revista Nova Economia**, v.19, n.1, p.41-66, 2009.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE DO ESTADO DO PARÁ. **Mapa das bacias da Região Hidrográfica Costa Atlântica Nordeste – Ocidental, Sub - Região Guamá – Mojú**. Disponível em: <<http://www.sectam.pa.gov.br/p30graus/bacias%20guam%c3%81-moj%c3%9a.pdf>> Acesso em: 29 jan. 2008.

SECRETARIA EXECUTIVA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E FINANÇAS (SE-POF/PA). **Rondon do Pará: Estatística Municipal. 2007**. Disponível em: <iah.iec.pa.gov.br/iah/fulltext/georeferenciamento/rondon.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2008.

SPIDER-QA: UMA SOLUÇÃO DE APOIO AO PROCESSO DE GARANTIA DA QUALIDADE

Marília Paulo Teles *
Sandro Ronaldo Bezerra Oliveira **

RESUMO

O processo de Garantia da Qualidade de Software é indispensável para a melhoria do produto e do processo de desenvolvimento de uma organização. Desse modo, este artigo apresenta a Spider-QA, uma ferramenta que visa apoiar a implementação do processo de Garantia da Qualidade em uma empresa, auxiliando na auditoria de processo e produto e na solução das não-conformidades. A Spider-QA atende ao modelo MR-MPS, criado em 2003 pela SOFTEX. Este artigo apresenta, ainda, os resultados obtidos com a efetividade da solução Spider-QA a partir de uma avaliação com especialistas na área de Garantia da Qualidade e em modelo e normas de qualidade para processo de software.

Palavras-chave: Processo de Software. Garantia da Qualidade. Ferramenta de Software Livre. Modelos e Normas de Qualidade.

SPIDER-QA: A SOLUTION TO SUPPORT THE QUALITY ASSURANCE PROCESS

ABSTRACT

The Software Quality Assurance process is essential to improve both product and development process of an organization. This paper presents the Spider-QA, a tool to assist implementing the quality assurance process in an organization, assisting product and process auditing and noncompliance issues solution. The Spider-QA attends MR-MPS model, launched in 2003 by SOFTEX. This paper also presents results, showing the effectiveness of the Spider-QA solution, obtained through an evaluation made by specialists with knowledge in Quality Assurance area and in software process quality models and norms.

Keywords: Software Process. Quality Assurance. Free Software Tool. Quality Models and Norms.

* Mestranda em Ciência da Computação, Universidade Federal do Pará. Email: mariliapaulo@gmail.com.

** Doutor em Ciência da Computação pelo CIn/UFPE. Professor da Faculdade de Computação e do PPGCC do ICEN/UFPA. Email: srbo@ufpa.br.

1 INTRODUÇÃO

O conceito de qualidade é amplo. Determinado produto pode ser bom para uma pessoa e ruim para outra. Depende de como, quando e quais critérios estão sendo avaliados e, acima de tudo, da opinião do avaliador e do quanto conhece sobre o objeto avaliado (KOSCIANSKI, 2006).

Se o conceito de qualidade não é simples de traduzir, mais difícil é conceituar Qualidade de Software. Por esta razão, estudiosos do tema trazem conceitos ligeiramente diferentes. Mas, quando se pensa em Qualidade de Software, há de se considerar a qualidade do produto, sua adequação aos requisitos e o grau de satisfação do usuário. Apesar de estar relacionada a tudo isso, o conceito simples e claro de Qualidade de Software continua não tão trivial de se definir.

Para Rocha et al. (2001), Qualidade de Software é um conjunto de características a serem satisfeitas em determinado grau, de modo que o *software* satisfaça às necessidades de seus usuários. Já Crosby (1979) define Qualidade de Software como a conformidade com os requisitos dos usuários.

Um *software* de qualidade é objetivo básico da Engenharia de Software e, apesar de muito se falar sobre a qualidade em si, não se pode esquecer como ela é adquirida. Não mais se discute que para se obter um produto com qualidade, o processo também tem que ter qualidade. Quando o processo não é definido, têm-se produtos que podem ser bons, mas na maioria dos casos o esforço e o tempo dispensados para a construção do *software* costumam ser bem maiores do que em organizações onde o processo encontra-se definido (BARTIÉ, 2002).

A organização que possui um processo bem definido pode detectar mais erros, antes que o produto chegue ao consumidor final. Isso evita retrabalho, faz com que o produto esteja mais adequado ao que foi definido e deixa o cliente com um grau de satisfação maior, conforme argumenta Bartié (2002). Por isso, cada vez mais empresas estão focando o desenvolvimento de seus *softwares* em algum padrão de qualidade.

Diferentes normas, modelos, padrões e guias completam-se para definir qualidade. Existem vários que trabalham com a Qualidade de Software, normalmente tratando a Garantia da Qualidade como um processo indispensável para se alcançar maturidade na organização. Alguns deles são: PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*) (PMI, 2008); SWEBOK (*Software Engineering Body of Knowledge*) (ISO/IEC 12207, 2008); MPS.BR (Melhoria de Processo de *Software* Brasileiro) (MPS.BR - Guia Geral, 2009); CMMI (*Capability Maturity Model Integration*) (SEI, 2006) e ISO/IEC 12207 (ISO/IEC 12207, 2008), que serão tratados com mais detalhes na seção 2.

Para auxiliar na Garantia da Qualidade, foi desenvolvida a ferramenta abordada neste artigo. A ferramenta Spider-QA visa facilitar a implantação das práticas de Garantia da Qualidade sugeridas pelo MPS.Br, em uma organização. A utilização da ferramenta também está relatada neste artigo.

Este artigo encontra-se estruturado em seis seções. Na seção 2 são apresentados os modelos, normas, padrões e guias que discutem sobre o processo da Garantia da Qualidade de Software. Na Seção 3 são discutidos alguns trabalhos relacionados. Na

Seção 4 é explicada a Spider-QA, a ferramenta de apoio ao processo de Garantia da Qualidade proposta neste trabalho, e nas Seções 5 e 6 são feitas a análise crítica da ferramenta e apresentada a conclusão do trabalho, respectivamente.

2 GARANTIA DA QUALIDADE

Já é fato que a implantação de um processo de desenvolvimento de *software* é necessária para melhorar o produto e a organização de uma empresa. Mas ter um processo não é a única necessidade, é necessário também, que o processo seja conhecido e seguido por todos que atuem na organização. E o processo de Garantia da Qualidade atende exatamente a esta necessidade.

Realizar a Garantia da Qualidade é certificar que os padrões organizacionais estão sendo seguidos em todos os produtos de trabalho e na execução do processo. Assim, a equipe de gerência da qualidade tem uma visão mais clara de como o processo está sendo utilizado; quais são as não-conformidades; as correções que precisam ser realizadas sejam no processo ou em um produto de trabalho; garantir que as não-conformidades possam ser solucionadas. Devido à sua importância, vários modelos, normas, padrões e guias tratam sobre essa gerência.

O PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*) [7] é uma base de conhecimento com várias práticas utilizadas em gerência de projetos. Desenvolvido pelo PMI (*Project Management Institute*), não é de fato um modelo ou norma, mas um guia que descreve conhecimentos para o gerenciamento de projeto. Nele, é sugerido que seja feito o gerenciamento da qualidade do projeto, o que envolve planejar, realizar e controlar a qualidade. Assim, padrões são definidos, aplicados e monitorados de maneira que atendam as necessidades que motivaram a realização do projeto.

O SWEBOOK (*Software Engineering Body of Knowledge*) [3], assim como o PMBOK, é uma base de conhecimento para Engenharia de Software, desenvolvido com um esforço conjunto do *IEEE Computer Society* e a *ACM (Association for Computer Management)*. O SWEBOOK possui uma área de conhecimento específica para garantia da qualidade dividida nas subáreas de fundamentos da Qualidade de Software; gerenciamento do processo da Qualidade de Software; e considerações práticas. O SWEBOOK sugere que seja realizada desde a análise do custo da qualidade até a medida da Qualidade de Software, passando pela utilização de técnicas como revisão, verificação e validação para garantir a qualidade.

Outros modelos, como o CMMI (*Capability Maturity Model Integration*) [13] e o MPS.BR (Melhoria de Processo de Software Brasileiro) [12], separam em áreas diferentes a garantia da qualidade da verificação e validação. Isso se dá, também, pela proposta de implantação através de níveis que os dois modelos abordam.

O CMMI, desenvolvido pelo SEI (*Software Engineering Institute*), é uma abordagem de melhoria de processos, que pode ser utilizado para empresas desenvolvedoras de *software* que queiram aprimorar o seu processo e tornar-se mais madura e eficiente.

O MR-MPS é um modelo de melhoria de processos proposto pela SOFTEX para auxiliar, principalmente as pequenas e médias empresas brasileiras, a atingir maturida-

de a um custo mais acessível, visto que em outros modelos o custo é muito alto, e em função disso, somente um pequeno número de organizações poderia ser avaliado.

O MR-MPS é voltado para a maturidade e a capacidade do processo de desenvolvimento de *software* para avaliação e melhoria de qualidade e produtividade de *softwares*. É compatível com outros modelos como o CMMI, a ISO/IEC 12207 e a ISO/IEC 15504. É dividido em sete níveis de maturidade: A (Em otimização), B (Gerenciado quantitativamente), C (Definido), D (Largamente definido), E (Parcialmente definido), F (Gerenciado) e G (Parcialmente Gerenciado), que proporcionam o amadurecimento das organizações, tornando-as mais competitivas. Essa divisão se deu para que fosse mais gradual o processo de implantação do modelo, sendo também os impactos e os custos de implantação divididos em maiores etapas [12].

O CMMI e o MR-MPS são equivalentes no que diz respeito ao processo de Garantia da Qualidade. Ambos objetivam garantir que o processo e o produto estejam de acordo com o estabelecido na organização através de critérios objetivos, fornecendo o suporte necessário para que as entregas estejam com alta qualidade e de acordo com o estabelecido pela organização.

Já a norma internacional ISO/IEC 12207 [5] define processos do ciclo de vida do *software* que uma organização deveria seguir para adquirir, desenvolver ou manter *softwares*. Nesta norma, a Garantia da Qualidade é um processo de apoio ao desenvolvimento do *software*, sendo, portanto, utilizado por outros processos com o intuito de contribuir para o sucesso e a qualidade do mesmo.

Independentemente do modelo, norma, padrão ou guia o que se pode perceber é que o processo de Garantia da Qualidade contribui com a melhoria do produto e do processo de uma organização ajudando a mesma a adquirir maturidade e a produzir *softwares* cada vez melhores através do controle do que é executado na organização.

3 TRABALHOS RELACIONADOS SOBRE FERRAMENTAS SIMILARES

Como este trabalho trata de uma ferramenta de apoio à Garantia da Qualidade, foram observadas outras três ferramentas desta gerência, todas gratuitas e disponíveis para *download*. Sabe-se que muitas organizações usam ferramentas de *bugtracking* para auxiliar na Garantia da Qualidade, mas apesar disso, essas ferramentas não foram avaliadas individualmente.

A ferramenta Qualcon (*Quality Management Software Package*) [8] é uma ferramenta livre criada em 2004 para atender aos requisitos da ISO 9001:2000. Atende quase todos os requisitos de Garantia e Controle da Qualidade propostos pela ISO 9001. Sua interface web foi desenvolvida usando a linguagem PHP e a sua interface cliente em C#, utilizando o banco de dados *Postgree SQL*.

Apesar de a ferramenta Qualcon ser dedicada ao modelo ISO 9001:2000, que é uma norma técnica para gestão de qualidade, a norma não é somente para desenvolvimento de *software*, podendo ser aplicada a empresas de qualquer gênero e tamanho. O que acaba gerando na ferramenta funcionalidades que não são específicas para *softwares*.

A ferramenta *QA Assistant* (2009), também livre, foi criada para ser utilizada no projeto de desenvolvimento do sistema Fedora. Serve para revisores registrarem *checklists* e utilizarem os mesmos no momento da revisão. Essa ferramenta foi desenvolvida com a linguagem Python e só operacionalizada usando o sistema Linux, preferencialmente o Fedora. Atualmente, entretanto, seu desenvolvimento foi descontinuado e a sua utilização no projeto Fedora foi substituída por uma série de critérios que têm que ser atendidos para que a qualidade seja mantida.

Mesmo a ferramenta *QA Assistant* sendo utilizada com critérios objetivos através de *checklists*, ela não fornece o acompanhamento dos problemas encontrados até a efetiva conclusão como é requerido em uma gerência de qualidade.

A ferramenta *QA Manager* é um projeto de gerenciamento da garantia da qualidade. Pode ser utilizada para controlar detalhes de engenharia, revisões de qualidade, alocação de recursos e versões diárias do projeto. Esta ferramenta foi desenvolvida usando a linguagem Java, executando em plataforma Web, tendo suporte a vários bancos de dados. Porém, assim como a *QA Assistant*, não possui suporte ao acompanhamento dos problemas encontrados.

O Quadro 1 possibilita uma comparação entre as ferramentas apresentadas, tomando como base os seguintes critérios:

- **gratuidade:** a implantação da gerência de um novo processo em uma organização uma ferramenta gratuita ocasiona a redução de custos para implementação da ferramenta e do processo de Garantia da Qualidade;
- **suporte a Registro de Checklists:** o suporte a relatórios centralizado em uma ferramenta única com as várias versões dos *checklists* utilizados pela empresa e capazes de substituir ferramentas do tipo planilhas, possibilitando o reuso de critérios de avaliação;
- **suporte a Geração de Relatórios:** para manipular os dados inseridos na ferramenta é essencial que ela produza relatórios relevantes;
- **suporte a Escalonamento:** para que a não conformidade não resolvida possa ser redirecionada para outro responsável;
- **suporte a Modelos de Qualidade:** para que uma empresa com interesse em implantar a gerência da garantia da qualidade possa utilizar uma ferramenta aderente a algum modelo de qualidade que seja almejado pela organização.

Quadro 1 – Comparação entre Ferramentas

| Ferramentas | Gratuita | Suporta Registro de Checklists | Suporta Geração de Relatórios | Suporta Escalonamento | Modelos suportados |
|----------------------------------|-----------------|---------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|---------------------------|
| Qualcon | Sim | Não | Não | Não | ISO 9001 |
| QA Assistant | Sim | Sim | Sim | Não | - |
| QA Manager | Sim | Não | Sim | Não | - |
| Ferramenta de Bugtracking | Sim | Não | Não | Sim | - |

Como pode ser observado, todas as ferramentas são gratuitas e somente ferramentas de *bugtracking*, por exemplo, o Mantis ou o Bugzilla, podem oferecer suporte ao escalonamento das não-conformidades, que é o que de fato pode garantir a total solução das não-conformidades encontradas durante uma revisão. Mas estas ferramentas de *bugtracking* não possuem os critérios que serão utilizados, somente a QA Assistant, possui suporte a esses critérios, porém não provê o acompanhamento até a conclusão de uma não-conformidade.

Observa-se que, de uma maneira em geral, as ferramentas gratuitas realizam parcialmente as atividades esperadas no processo de Garantia da Qualidade presentes nos modelos, normas e padrões discutidos. Ressalte-se, no entanto, que uma ferramenta gratuita se torna importante na medida em que é um diferencial nos custos para a empresa que pretende adotar um modelo de qualidade de software.

Caso a ferramenta suporte a registros de *checklists* a empresa não precisará mais se preocupar com o controle das versões dos arquivos e possuirá somente em um local dados suficientes para que relatórios sejam gerados.

O suporte ao escalonamento foi observado, pois, como o objetivo do Projeto SPIDER é voltado para a implementação do modelo MR-MPS, seria interessante verificar qual outra ferramenta possuía esse tipo de suporte.

4 SPIDER-QA

A Spider-QA é uma ferramenta dá suporte ao o processo de Garantia da Qualidade. Esta ferramenta faz parte de um projeto maior chamado SPIDER [Oliveira, 2009], desenvolvido na UFPA - Universidade Federal do Pará, que é um suite de ferramentas de *software* livre que visa apoiar a implementação do modelo MR-MPS causando menor impacto na organização, ou seja, aproveitando ao máximo a cultura organizacional e as ferramentas anteriormente utilizadas. Por isso não foi proposta somente uma ferramenta capaz de apoiar todas as áreas de um dado modelo, mas sim a integração entre ferramentas existentes, ou o desenvolvimento de ferramentas mais adequadas quando necessário.

Portanto, a solução Spider-QA foi desenvolvida voltada a apoiar a área de Garantia da Qualidade do modelo MR-MPS, o que não quer dizer que ela não esteja em conformidade com outros modelos, mas que ela pode não atender a todos os requisitos de algum outro modelo.

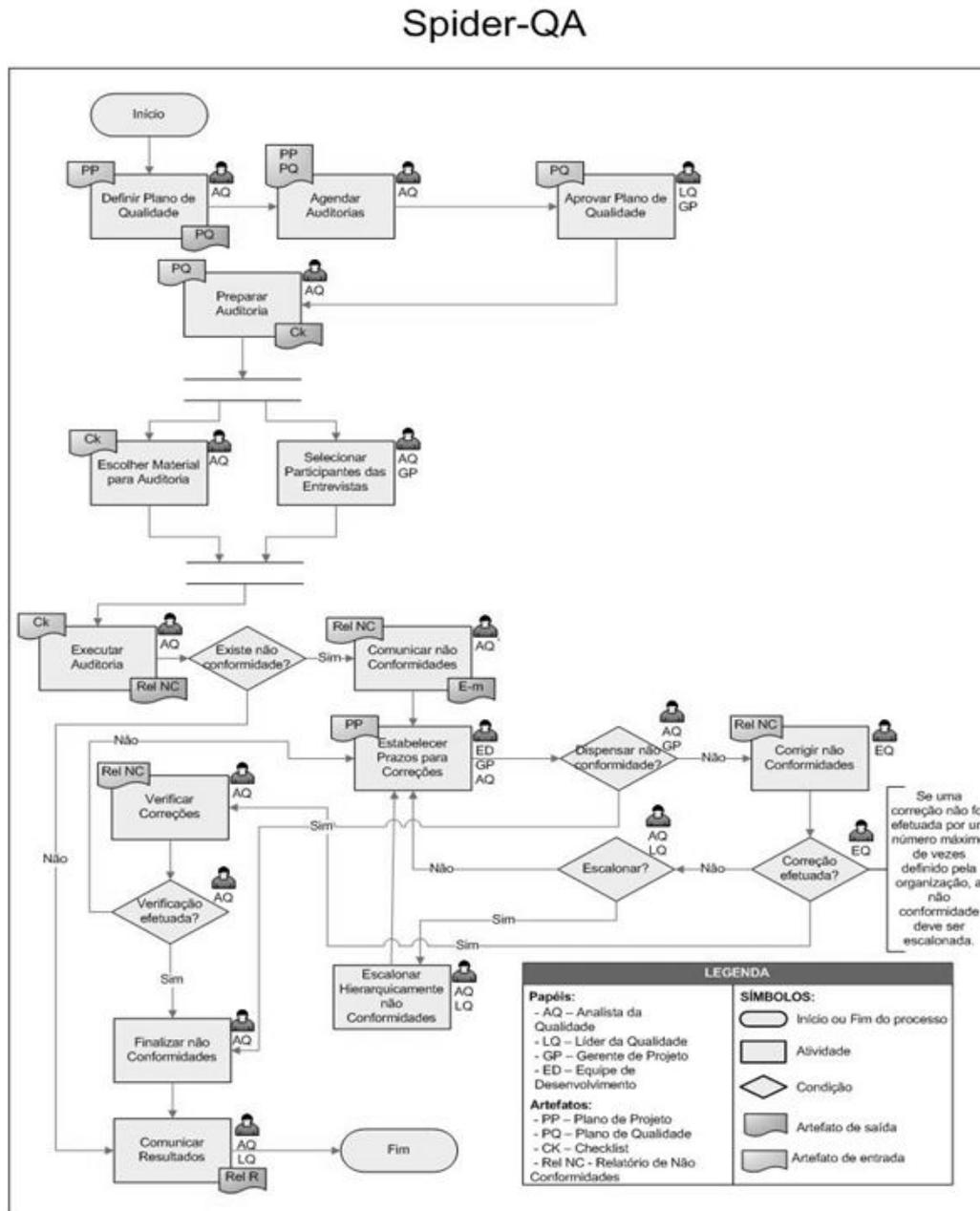
4.1 O FLUXO DA FERRAMENTA SPIDER-QA

O fluxo da ferramenta foi desenvolvido visando auxiliar as organizações a implantar a gerência de Garantia da Qualidade, para isso foram analisados os modelos PMBOK, SWEBOK, CMMI e MR-MPS, e a norma ISO/IEC 12207. Como resultado desta análise foi gerado um mapeamento entre as boas práticas destes modelos e norma para caracterizar as divergências e semelhanças das boas práticas existentes. A partir deste resultado foi especificado um fluxo de atividades que atendesse todas as práticas resultantes deste mapeamento, considerando a maior parte dos objetivos, resultados esperados e práticas dos modelos, normas, padrões e guias. O fluxo do processo não contempla na sua totalidade atividades relacionadas à verificação, validação, medição e estabelecimento de contratos, que são citados nestes modelos, normas, padrões e guias, pois em muitos deles estas práticas encontram-se em diluídos em processos distintos.

Depois dessa etapa, o fluxo foi desenvolvido de maneira objetiva e consistente, para que o mesmo pudesse ser de fácil implementação. Para que uma organização possa implantar o fluxo é necessário que sejam atendidas algumas atividades, para isso ela pode utilizar a ferramenta Spider-QA, do suíte de ferramentas SPIDER, como apoio na implantação do processo. Entretanto, a utilização da ferramenta não é obrigatória, mas sugerida por facilitar a implantação.

Os papéis que participam do fluxo são: o Analista da Qualidade, quem define o Plano da Qualidade, os prazos e realiza a auditoria em si; o Líder da Qualidade, quem faz o escalonamento e comunica os resultados das auditorias; o Gerente de Projeto, que juntamente com o Analista da Qualidade, define os prazos e os participantes das entrevistas; e a Equipe de Desenvolvimento, cuja responsabilidade é resolver as não conformidades. Alguns documentos são necessários como, por exemplo, o Plano de Projeto, o Plano da Qualidade, o *Checklist*, o Plano de Ação e o Relatório de Não conformidades. A Figura 1 define o fluxo de atividades do processo Spider-QA, com base na notação PEPP [1].

Figura 1 – Fluxo de Atividade do Processo Spider-QA.



As ações das atividades do fluxo de atividades do Spider-QA, resumidamente, são:

1. Definir Plano de Qualidade: o objetivo desta atividade é gerar um documento que seja utilizado para descrever como será executada a atividade de Garantia da Qualidade. O documento deve estar em conformidade com o plano do projeto e conter informações referentes aos procedimentos que serão utilizados na auditoria

- do processo e do produto. Com base nestas informações, critérios objetivos são definidos para compor os *checklists* que serão usados para avaliar os produtos e processos;
2. Agendar Auditorias: esta atividade tem como objetivo agendar e divulgar todas as auditorias da qualidade planejadas para o projeto. Bem como, informar-se a auditoria vai ser de processo ou de produto, em quais marcos do projeto elas serão feitas e com quais critérios. As auditorias devem estar de acordo com o cronograma do projeto;
 3. Aprovar Plano de Qualidade: para atender a esta atividade o comprometimento do Gerente de Projeto com o plano da qualidade e o cronograma das auditorias da qualidade deve ser obtido. Para isso o Líder da Qualidade deve divulgar o plano da qualidade e o Gerente de Projeto deve aprovar o plano da qualidade, bem como se comprometer com as datas em que serão realizadas as auditorias;
 4. Preparar Auditoria: o objetivo desta atividade é preparar a auditoria para que, quando na data agendada, os materiais estejam disponíveis e os participantes estejam comunicados. Para a realização dessa atividade, é necessário que as atividades de selecionar os participantes e escolher o material para a auditoria sejam executadas;
 5. Escolher Material para Auditoria: deve-se escolher e separar o material para a auditoria de modo que, quando a auditoria inicie, os artefatos estejam na versão correta e disponíveis em local organizado onde os Líderes e os Analistas da Qualidade tenham acesso. Caso o volume de artefatos seja muito grande, devem-se selecionar, através de critérios objetivos, artefatos mais relevantes para que a auditoria possa ser feita por amostragem;
 6. Selecionar Participantes das Entrevistas: da mesma forma que materiais são selecionados para a auditoria, os participantes têm que ser. Então o Analista da Qualidade escolhe os participantes das entrevistas juntamente com o Gerente de Projeto, de acordo com o perfil desempenhado por cada participante no projeto. É importante, também, que o participante tenha um tempo alocado para a entrevista no cronograma do projeto, seja comunicado sobre o horário e o local da realização da entrevista;
 7. Executar Auditoria: depois que os participantes e os artefatos foram selecionados, a auditoria vai de fato iniciar. As entrevistas e análises dos produtos de trabalho devem ser feitas de acordo com os critérios objetivos definidos previamente em *checklists*. Na auditoria de processo deve ser observado se os produtos estão de acordo com os critérios do *checklist*. Na auditoria de produto as entrevistas também devem ser feitas de acordo com os critérios do *checklist* e deve ser verificado se o participante está desempenhando atividades de acordo com o papel alocado no projeto. Em ambos os casos, anotações de não-conformidades encontradas devem ser feitas;
 8. Comunicar Não-Conformidades: quando a auditoria finaliza, as não-conformidades devem ser comunicadas para toda a equipe. Assim, os problemas encontrados tornam-se do conhecimento de todos evitando que eles voltem a acontecer em

- próximas auditorias. Nesse momento, o nome dos participantes deve ser omitido;
9. Estabelecer Prazos para as Correções: estabelecer para cada não conformidade: as ações corretivas; o responsável e o prazo para que ela seja corrigida. O Gerente do Projeto, juntamente com a Equipe de Desenvolvimento, deve selecionar o responsável pela resolução de cada não conformidade. As não-conformidades, os prazos e os responsáveis devem ser registrados;
 10. Corrigir Não-Conformidades: a Equipe de Desenvolvimento deve corrigir as não-conformidades dentro do prazo estabelecido;
 11. Verificar Correções: a equipe da qualidade deve, ao fim da correção da não-conformidade, verificar se as mesmas foram corrigidas, garantindo que estejam dentro dos critérios da organização;
 12. Escalonar Hierarquicamente Não-Conformidades: essa atividade tem como objetivo garantir que as não-conformidades sejam resolvidas. Quando uma não conformidade não foi corrigida, é necessário que outro prazo seja dado ao responsável. Indica-se que exista na organização um número máximo de vezes que o responsável possa obter um novo prazo. Caso esse número seja atingido, o Analista da Qualidade deve escalonar a não conformidade ao superior hierárquico, sendo agora essa nova pessoa responsável pela resolução da não conformidade e recebendo um novo prazo para a atividade;
 13. Finalizar Não-Conformidades: o objetivo dessa atividade é concluir as não-conformidades. Quando o Analista da Qualidade verificou a não conformidade e percebeu que a mesma estava solucionada, ele deve finalizar a não conformidade;
 14. Comunicar Resultados: ao final de uma auditoria, os resultados devem ser comunicados a todos os envolvidos para que as melhorias possam ser verificadas.

4.2 A FERRAMENTA SPIDER-QA

A ferramenta Spider-QA foi desenvolvida baseada no fluxo desenvolvido a partir do estudo feito entre as normas, modelos, padrões e guias analisados e comentados na seção 4.1. Assim foi formada uma proposta para a implantação do processo de Garantia da Qualidade.

A Spider-QA, dentro de uma organização, deve apoiar a gerência da qualidade dando todos os subsídios necessários para que a organização execute e acompanhe as revisões. Como a ferramenta Spider-QA é baseada nas práticas e objetivos dos modelos, normas, padrões e guias apresentados na Seção 2, e, como discutido, antes da concepção do processo Spider-QA um mapeamento entre as práticas foi realizado, a ferramenta também pode ser usada na organização quando ela pretende alcançar uma avaliação por um desses modelos de maturidade, normas, padrões e guias. Para organizações que pretendem adotar outras normas ela também pode ser utilizada, mas não atenderá a todas as necessidades.

Além disso, a Spider-QA tem alguns diferenciais em relação às ferramentas analisadas na Seção 3. Os principais requisitos que ela atende são:

- adaptável a diferentes domínios: pode ser utilizada em diferentes organizações, independentemente do tamanho da mesma. Pode ainda ser utilizada por consultores de Garantia da Qualidade que queiram auditar várias empresas;
- baseada em Modelos, Normas, Padrões e Guias: é totalmente aderente aos resultados esperados do processo Garantia da Qualidade do MR-MPS, práticas específicas do CMMI, tarefas da ISO/IEC 12207, práticas do PMBOK e SWEBOK. Observando-se que o objetivo deste trabalho é o MPS.Br, mas a análise se fez necessária para que fosse observado em quais outros modelos, normas ou Guias, a ferramenta pudesse ser utilizada;
- possui suporte a relatórios: emite relatórios gerenciais e os planos de qualidade e de ação. Com os relatórios emitidos pela ferramenta, pretende-se que a organização possa fazer uso dos mesmos para que em uma possível avaliação oficial os relatórios possam servir de indicadores de que a organização está fazendo a gerência de Garantia da Qualidade;
- permite integração com ferramentas de *Bugtracking*: pode ser integrada a ferramentas de *bugtracking*, como, por exemplo, o Mantis ou o Bugzilla. Pretende-se com isso que o impacto da utilização da Spider-QA em uma organização seja minimizado, pois a mesma não precisará mudar radicalmente o seu processo para a utilização da ferramenta;
- possui a customização de critérios objetivos: um dos aspectos mais importantes da Garantia da Qualidade é a utilização de critérios objetivos durante as auditorias. Assim, antes que a auditoria seja iniciada, a ferramenta disponibiliza uma área para que os Analistas da Qualidade registrem os critérios que serão utilizados de acordo com o produto de trabalho ou com a área de processo que serão auditados. Esses critérios são agrupados em forma de *checklists* e podem ser utilizados em várias auditorias.

A ferramenta Spider-QA, é gratuita, de código aberto, desenvolvida para Web, com banco MySQL, e ficará disponível para *download* no site do projeto SPIDER (www.spider.ufpa.br). Ela possui ainda o histórico de revisões anteriores, acompanhamento das não-conformidades, entre outras funcionalidades como o aviso do agendamento de uma reunião através de e-mails.

No caso de integração com ferramentas de *bugtracking*, a Spider-QA recupera somente os dados do controle que foi feito pela ferramenta de *bugtracking*, como, o responsável, a situação da não conformidade e a data em que foi feita a alteração da situação. A decisão de qual ferramenta usar é da organização e pode ser a mesma que ela já utiliza, não impactando em grandes alterações para a implantação do Spider-QA.

O processo de Garantia da Qualidade requer que os produtos de trabalho e a execução do processo devem estar em conformidade com os planos, procedimentos e padrões estabelecidos (SOFTEX, 2009; SEI 2006). Para isso, esse processo conta com

resultados esperados e práticas, que tratam sobre a aderência de produtos de trabalho e processos executados, avaliada objetivamente.

Na ferramenta Spider-QA a aderência é garantida através da criação de *checklists* específicos para cada produto de trabalho ou área do processo. Através desses *checklists*, o Analista da Qualidade vai verificar se o que está sendo produzido está de acordo com os padrões estabelecidos. Nesse momento o Analista identifica os pontos fortes, fracos e as oportunidades de melhoria da organização. Pontos Fortes significam que o padrão está sendo atendido; Pontos Fracos são os indícios de que o padrão não está sendo cumprido; e as Oportunidades de Melhoria significam que o padrão está sendo atendido, mas de uma maneira que poderia ser aperfeiçoada. O Analista da Qualidade pode, ainda, nesse momento escrever observações por cada critério do *checklist*, auxiliando assim a solução dos possíveis problemas encontrados. A Figura 2 apresenta a interface gráfica da Spider-QA que contempla esta necessidade.

Figura 2 – Tela de Criação dos *Checklist* para as Auditorias de Processo e Produto.

Fonte: Elaborada pelos Autores do Artigo.

As várias auditorias que serão realizadas compõem um Plano de Qualidade, nesse plano dever ser estabelecidas as tarefas, os objetivos, os métodos utilizados naquele Plano de Qualidade, bem como as áreas que serão auditadas, a data, o local e o *checklist* que será utilizado durante a auditoria. A data e o local são importantes, pois ao final do agendamento da auditoria o Analista da Qualidade pode enviar um *email* avisando o participante da auditoria. Os cadastros do Plano de Qualidade e da Auditoria podem ser visualizados na figura 3A e 3B, respectivamente.

Figura 3(A) – Tela de cadastro do Plano de Qualidade. **Figura 3(B)** – Tela de Cadastro da Auditoria.

Incluir Plano de Qualidade

Projeto: Projeto Exemplo

Descrição:

Tarefas:

Objetivos:

Auditoria Produto:

Auditoria Processo:

Método:

Contexto do projeto:

Resultados:

Histórico de versões

Descrição da alteração:

Versão:

Incluir Auditorias

Projeto: Projeto Exemplo

Plano: Plano Qualidade PE:

Sigla:

Data Prevista:

Local:

Horário:

Tipo: Produto Processo

Produto:

Checklist:

item 1
 item 2

Itens:

Histórico de versões

Descrição da alteração:

Versão:

(A)
(B)

Fonte: Elaborada pelos Autores do Artigo.

Outra prática e resultado esperado do processo de Garantia da Qualidade discutem que os problemas e as não-conformidades têm que ser identificados, selecionados e comunicados. Para atender a isso, na Spider-QA o Analista da Qualidade pode consolidar os pontos fracos em um relatório de não-conformidades, elaborando o Plano de Ação. Neste plano o Analista pode consolidar os dados da avaliação. Assim que o relatório for consolidado, existe opção de comunicar as não-conformidades para a Equipe de Desenvolvimento, o Gerente de Projeto e o Líder da Qualidade, garantindo a comunicação recomendada no MR-MPS. A Figura 4 retrata esta necessidade.

Figura 4 – Tela de Definição do Plano de Ação.

spiderQA
 Tool for Quality

Tabelas Básicas Auditoria Relatórios Segurança Sair

Executar Plano de Ação

Projeto: projeto1

Plano Qualidade: Plano

Plano Ação: TestPA

Auditoria:

| Classificação | Itens do Checklist | Situação | Observação | Selecionar |
|--------------------------|--------------------|---------------------|------------|--------------------------|
| Oportunidade de Melhoria | item 1 | Contempla em partes | teste | <input type="checkbox"/> |
| Ponto Forte | item 2 | Contempla | | <input type="checkbox"/> |
| Ponto Fraco | item 3 | Não contempla | teste | <input type="checkbox"/> |

Solução:

Id na ferramenta:

Responsável:

Prazo:

Fonte: Elaborada pelos Autores do Artigo.

O último resultado esperado e prático discutem sobre como garantir a solução da não-conformidade, mencionando, também, a necessidade do escalonamento, que é sua transferência ao responsável de hierarquia superior, quando um subordinado não a resolveu. A organização é quem define o critério para o escalonamento, que pode ser a não solução de uma não-conformidade por duas vezes consecutivas, ou seja, nos primeiro e segundo prazos, a Equipe de Desenvolvimento não resolve a não-conformidade. Assim ocorrendo, o Analista e o Líder da Qualidade, seguindo a norma da organização, repassam a não conformidade para o devido responsável hierárquico e renegociam o prazo com o Gerente de Projeto. Na ferramenta Spider-QA esse acompanhamento é feito para cada não conformidade cadastrada e através do acompanhamento do Plano de Ação. Finalizada a auditoria o Líder e o Analista da qualidade devem comunicar os resultados. Na Figura 5 é retratada a interface gráfica, que permite o Acompanhamento das Não conformidades.

Figura 5 – Tela de Acompanhamento das Não-conformidades.



Fonte: Elaborada pelos Autores do Artigo

Pretende-se que essa ferramenta auxilie no processo de Garantia da Qualidade, em uma organização, pois, fazer qualquer tipo de gerência com documentos ou planilhas é oneroso, além de gerar retrabalho e dificuldades para comparar versões, e/ou revisões, conforme o caso. A ferramenta Spider-QA pode gerar os relatórios de Plano da Qualidade, Plano de Ação e dos Checklists. Por exemplo, o relatório de Plano de Ação traz um resumo de todas as auditorias com o resultado da auditoria consolidado, que nada mais é do que mostrar somente uma não-conformidade quando ela foi encontrada em mais de uma auditoria do mesmo Plano de Qualidade, como pode ser visualizado na figura 6.

Portanto, a Spider-QA foi desenvolvida com o intuito de facilitar a implantação da gerência de qualidade, as revisões e afetar o mínimo possível a dinâmica da organização.

5 ANÁLISE CRÍTICA

Para testar a utilização da ferramenta, foram escolhidas duas empresas. Onde foram feitas demonstrações da ferramenta Spider-QA e questionários de satisfação foram distribuídos, conforme especificado no Apêndice. Com esse questionário pretendeu-se analisar se a ferramenta estava aderente ao MR-MPS, verificar a usabilidade da ferramenta e se ela poderia de fato atender as necessidades e ser utilizada no dia a dia da organização.

Para essa análise, foram utilizados cerca de dez questionários sendo dois com colaboradores que desempenham o papel de Analistas da Qualidade e os demais com colaboradores que conhecem a gerência, mas não costumam desempenhar esse papel. Todos os entrevistados têm no mínimo de um a dois anos de conhecimento em modelos de qualidade e têm algum curso oficial do MPS.Br.

Primeiramente, o questionário avaliou o perfil do entrevistado, verificando quanto tempo ele atua na empresa, qual o tempo dele na área de Garantia da Qualidade e se ele já havia utilizado alguma ferramenta com função similar. Depois se avaliou a ferramenta, se ela é de fácil manuseio, se a interface é intuitiva, se ela poderia ser utilizada na organização. E finalmente, foi avaliado se a ferramenta estava em conformidade com o MR-MPS e se uma implantação seria mais tranquila com a utilização da ferramenta.

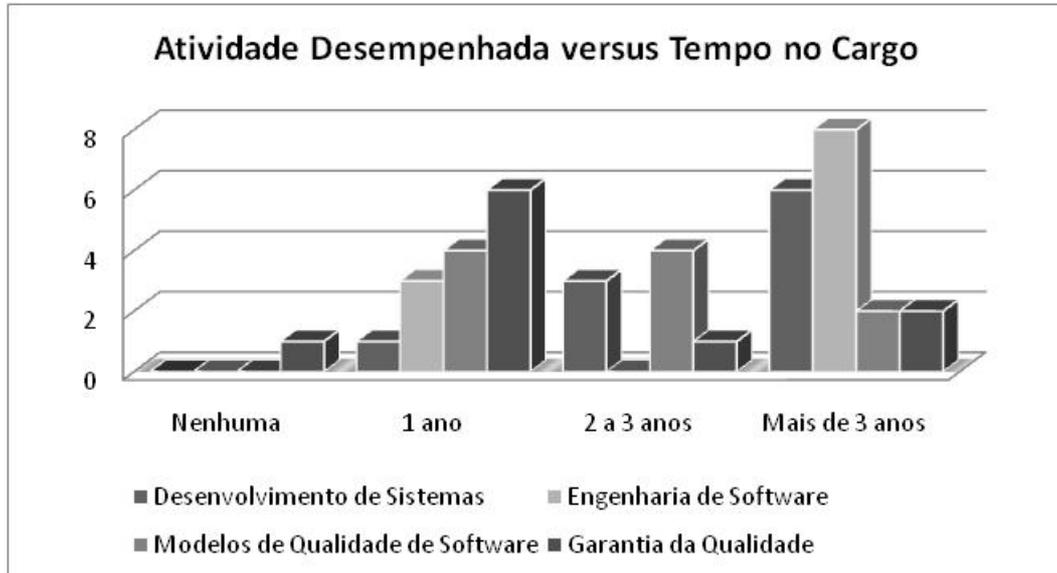
Em ambas as empresas um notebook com a ferramenta instalada foi utilizado para a reunião com os profissionais que iriam avaliar a mesma, foi feita uma demonstração da sua utilização, perguntas foram respondidas e depois os profissionais puderam fazer uso dos serviços providos pela ferramenta a partir da realização de suas atividades diárias. A partir disso os questionários foram respondidos.

5.1. ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS

De um modo em geral, a avaliação da ferramenta foi muito boa. Os profissionais se mostraram interessados em fazer uso da mesma em seu ambiente de trabalho, demonstrando um grau de aceitação de 100%.

O perfil dos entrevistados, apresentado no gráfico da Figura 7, foi dividido em quatro tipos: desenvolvimento de sistemas, modelos de qualidade de *software*, engenharia de *software* e garantia da qualidade. Os tipos ainda foram divididos pelo tempo que eles conhecem ou trabalham com isso.

Figura 6 – Perfil dos Profissionais Entrevistados.

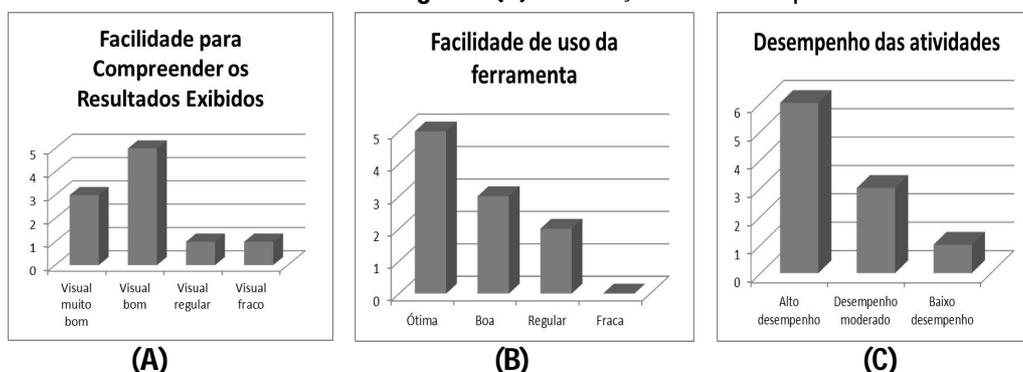


Fonte: Elaborada pelos Autores do Artigo.

Na análise da ferramenta, os entrevistados colocaram sua opinião em um campo livre de observações. Ali foram encontradas boas ideias que poderão ser implementadas na ferramenta, como por exemplo: usar as informações da ferramenta com base na seleção prévia de um projeto, customizar relatórios para atender ao padrão organizacional e integrar a ferramenta a um repositório de arquivos (CVS, SVN) a fim de possibilitar a visualização dos artefatos durante a auditoria.

Além deste campo em branco a ferramenta foi avaliada quanto à exibição dos resultados das auditorias, facilidade de uso e quanto ao desempenho das atividades de do processo de Garantia da Qualidade sistematizada na ferramenta, como podem ser verificados nas figuras 8A, 8B e 8C, respectivamente.

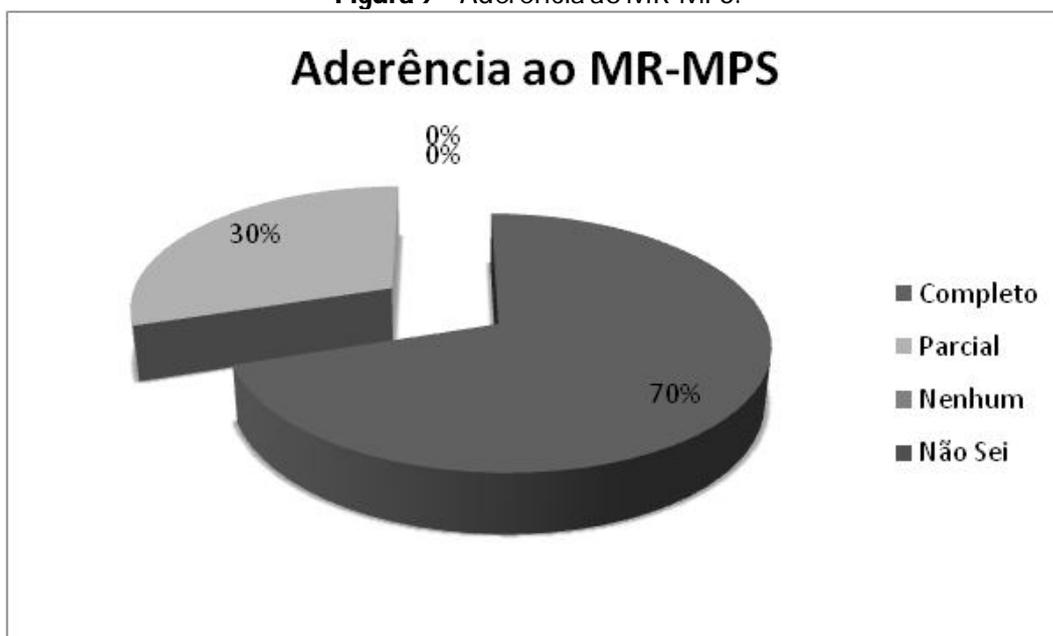
Figura 8(A). Avaliação da Facilidade de Compreensão. **Figura 8(B).** Avaliação da Facilidade de Uso. **Figura 8(C).** Avaliação do Desempenho.



Fonte: Elaboradas pelos Autores do Artigo.

Quanto à ferramenta aderir ao modelo MR-MPS, pode-se constatar que a maior parte dos profissionais que participaram da pesquisa já ouviu falar do mesmo, sabe o que significa, e com relação ao processo de Garantia da Qualidade eles têm o domínio necessário para afirmar que a ferramenta está aderente (como se encontra demonstrado na Figura 9), pois o que acontece é que eles conhecem os resultados esperados específicos deste processo já que todos possuem certificação emitida pela SOFTEX nos cursos (Introdução e Implementação) providos por este modelo.

Figura 9 – Aderência ao MR-MPS.



Fonte: Elaborada pelos Autores do Artigo.

Quando perguntado para os participantes qual a funcionalidade que estaria faltando para que a ferramenta fosse totalmente aderente ao MPS.BR, eles disseram que seria o registro de não-conformidades visto que atualmente este registro é feito de maneira integrada em uma ferramenta de *bug tracking* e não na própria Spider-QA.

Pequenas alterações foram sugeridas na interface gráfica e todos foram considerados e estão sendo implementados. No mais, acredita-se que a ferramenta pode ser utilizada em uma revisão real, e que ela facilitaria a implantação da Garantia de Qualidade.

6 CONCLUSÕES

Este trabalho teve por objetivo descrever um suporte à implantação do processo de Garantia da Qualidade. Para isso, desenvolveu-se uma ferramenta que apoia o processo. Essa solução foi concebida, elaborada e construída visando atender os resultados esperados e práticas dos modelos CMMI, MPS.BR, PMBOK e SWEBOOK, e da norma ISO/IEC 12207, a partir do mapeamento entre os conceitos envolvidos em cada um destes.

Foi observado o cuidado de deixar a ferramenta flexível para que a organização pudesse utilizar a mesma sem seguir o fluxo de atividades proposto.

Atualmente, quando se fala em gerência da qualidade, sabe-se que nas organizações planilhas são utilizadas como *checklists* e que as não-conformidades são cadastradas em ferramentas de *bugtracking* para que o acompanhamento da solução possa ser realizado. Pensando em não alterar o cotidiano da organização, é que se desenvolveu uma ferramenta que pudesse ser integrada a uma ferramenta de *bugtracking*.

A ferramenta Spider-QA foi avaliada por profissionais que desempenham atividades de Garantia da Qualidade, os quais afirmaram a sua possibilidade de ser utilizada no dia a dia e confirmaram sua relevância para uma organização, ressaltou-se que a centralização dos dados permitiria melhores comparações entre as várias auditorias assim como facilitaria a produção de relatórios. Uma das organizações que avaliou a ferramenta revelou que gostaria que a ferramenta fosse utilizada nas próximas revisões, que serão realizadas.

Como proposição para trabalhos futuros, sugere-se a ferramenta Spider-QA cada vez mais integrada com outras ferramentas de apoio a outros processos, como por exemplo, o de Gerência de Projeto, fornecendo insumos para uma boa análise dos esforços de qualidade no desenvolvimento de um projeto. O que também é uma meta do Projeto SPIDER.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, H. V.; ROULLER, A. C. **Primitivas para definição de processo – PEPP**. SWQuality, Consultoria e Sistemas. Acesso realizado em www.swquality.com.br/pepp/. 2004.

BARTIÉ, A. **Garantia da qualidade de software**. Campus, 2002.

IEEE Computer Society. **SWEBOK – Guide to the software engineering body of knowledge**. 2004.

KOSCIANSKI, A.; SOARES, M. S. **Qualidade de software**. Novatec, 2006.

THE INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION / THE INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION.: **ISO/IEC 12207 Systems and software engineering– Software life cycle processes**. Geneve, 2008.

OLIVEIRA, S. R. B. **SPIDER - Uma proposta de solução sistêmica de um suite de ferramentas de software livre de apoio à implementação do modelo MPS.BR**. Projeto de Pesquisa. Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal do Pará, Belém-PA. 2009.

PMI – Project Management Institute. **PMBOK Guide – Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos**. 4. ed. 2008.

QUALCON. **Quality management software package**. Disponível em: <<http://sourceforge.net/projects/qualcon/>>. Acesso em: maio 2009.

QA ASSISTANT. **Quality Assurance Assitant**. Disponível em: <<http://fedoraproject.org/>>. Acesso em: maio 2009.

QA MANAGER. **Quality assurance manager**. Disponível em: <<http://freshmeat.net/projects/qamanager>>. Acesso em: maio 2009.

ROCHA, A. R. C., et al. **Qualidade de software**: teoria e prática. Prentice Hall, 2001.

SOFTEX – Associação para Promoção da Excelência do Software Brasileiro. **MPS.BR - Guia Geral**, 2009.

SEI – Software Engineering Institute. **Capability maturity model integration for development – CMMI-Dev**. Versão 1.2. 2006.

CROSBY, P. B. **Quality is free**: the art of making quality certain. MacGraw Hill, 1st Edition, 1979.

O PODER FORMATADOR DA MATEMÁTICA EM SALA DE AULA: UMA VISÃO ETNOMATEMÁTICA SOBRE A TRADIÇÃO DE MÓVEIS ARTESANAIS

*Eliana Ruth Silva Sousa**
*Magali Rocha Sousa***
*Roberto Paulo Bibas Fialho****

RESUMO

Este artigo é um estudo sobre o poder formatador da Matemática atuando junto aos aparatos da razão, revelados por Skovsmose (2007), vistos através de uma atividade de estudo e pesquisa realizada em sala de aula, com alunos dos cursos de Matemática e Design de Móveis, na Universidade do Estado do Pará, onde a atividade artesanal é abordada no campo da etnomatemática, segundo a prática de construção de móveis com madeiras regionais e folhas de compensado. O objetivo geral é o estudo sociológico matemático da produção de móveis artesanais no âmbito de uma experiência didática de etnomatemática. A experiência revela alguns aportes de estudo da área de design de móveis, permitindo a compreensão de como as concepções matemáticas são projetadas na produção de tecnologia e bens de consumo. Os resultados foram satisfatórios quanto a discussão sobre os usos da matemática aplicada e questões culturais, indicando a necessidade de um trabalho mais aprofundado.

Palavras-chave: Educação. Educação matemática. Etnomatemática. Movelaria artesanal.

THE FORMATIVE POWER OF MATHEMATICS IN THE CLASSROOM: AN OVERVIEW WITH ETHNOMATHEMATICS ON THE TRADITION OF HANDICRAFT FURNITURE

ABSTRACT

This article is a study about the power of mathematics formatter acting together with apparatus of reason, revealed by Skovsmose (2007), viewed through a work of study and research in the classroom with students of Mathematics and Furniture Design At the Universidade do Estado do Pará, where the craft activity is addressed in the field of Ethnomathematics, according to the practice of making furniture, using local woods and plywood sheets. The overall goal is the sociological study of mathematical producing handcrafted furniture in the context of a teaching experience of Ethnomathematics. The experience shows some contributions from the study area furniture design, allowing the

* Educadora matemática, mestra em Educação em Ciências e Matemática (UFPA), docente da Universidade do Estado do Pará (UEPA); ruthssousa@hotmail.com

** Educadora matemática, mestra em Educação em Ciências e Matemática (UFPA); mr-sousa1962@bol.com.br

*** Doutorando em Educação em Ciências e Matemática (UFPA), docente da Universidade da Amazônia (UNAMA) e da Universidade do Estado do Pará (UEPA); bibasfialho@ig.com.br

understanding of how mathematical concepts are designed for the production of technology and consumer goods. The results were satisfactory as the discussion respect the uses of applied mathematics and cultural issues, indicating the need for further work.

Keywords: Education. Mathematics education. Ethnomathematic. Artesanal furniture.

1 INTRODUÇÃO

*Primeiro é o primeiro, o restante é acréscimo (...)
Na matemática o jogo das operações vitais
constrói forma, formatação e ação.
Louise Trebor*

A compreensão de todo um processo sempre parte de uma motivação, vista com especial atenção por se tratar da percepção vivida na realidade. Daí advém em primeiro lugar a matemática como motivadora, por isso, inserimos a frase de Trebor¹, como significativa deste papel primordial. Como ele é real, mesmo que seja condizente muitas vezes a abstrações ou a situações imaginadas, passamos a crer no seu grande potencial formatador, mostrado através do estudo de alguns aparatos de cunho social tecnológico, ao analisar no âmbito da etnomatemática a produção de móveis artesanais, segundo a forma de construção tradicional com madeiras da Região Amazônica.

A motivação compreensiva da Matemática nos leva a estar em todo lugar e a compreender a presença do conhecimento matemático em diversos saberes, disciplinas e ciências, como na biologia, na sociologia, nas engenharias, na medicina, na comunicação social, nas atividades culturais, entre outros (SKOVSMOSE, 2007, p. 113). Através dele é que percebemos a atuação sócio-tecnológica destes conhecimentos e nela, como elemento de sustentação a matemática, como parte de um aparato constituinte da razão, revela-se o seu “poder formatador” – ou seja, os caminhos por onde ela pode tanto obrigar quanto gerar inventividades para alimentar o sistema de produção.

Tomando como exemplo de caso ilustrativo do poder formatador da Matemática, a atividade cultural de movelaria artesanal, na visão etnomatemática, adotamos a seguinte questão norteadora de pesquisa: Como o artesão moveleiro desenvolve as suas atividades de trabalho, quanto a sua técnica de produção? Essa resolução oferece vistas ao entendimento de que técnicas e valores sociais e culturais fazem parte desse processo. Com isso, será possível um olhar simultaneamente matemático sociológico e cultural sobre a concepção do produto, visando o objetivo definido no resumo deste artigo.

O método crítico social matemático nos conduzirá à percepção da estrutura teórica do poder formatador da Matemática, revelando como no dia-a-dia, em sala de aula, como o professor dirigente do processo ensino-aprendizagem, pode encaminhar a condução da disciplina de forma crítica. Durante o processo, além dessa metodologia, foi também estudado o método de projeto do design do produto, que caracterizou o olhar sobre a técnica de trabalho do artesão.

¹ TREBOR, Louise. Frases seletas. Nº 8, ano 1. **Folhetim**. São Luís, s.d., p. 8.

2 COMPREENSÃO DOS APARATOS DA RAZÃO E DA FORMATAÇÃO MATEMÁTICA

A visão de que a sociedade trabalha para gerar conhecimento e transformá-lo em tecnologia faz com que a produção intelectual e prática da academia e dos centros de pesquisa se direcione para trabalhar neste intento (LYOTARD *apud* SKOVSMOSE, 2007). A razão disso é que essa tecnologia proporciona o *input* (alimentação/abastecimento) de inovações e invenções que geram a inserção de novos produtos, serviços e processos de trabalho em todo sistema de produção econômica da sociedade.

A noção do poder formatador da Matemática é uma ideia que influencia, gera, limita ou expande ações sociais relacionadas a ele, mas não o percebemos diretamente por estar "cravada ou 'empacotada' no sistema tecnológico", como afirmam Skovsmose e Yasukawa (1999, p. 1). Por esse motivo, há objetos ditos específicos de descrição, predição e prescrição, indicando a apropriação matemática como um caminho para dar significado a este fenômeno social ou tecnológico, que se desdobra em diversas realidades sociais.

Entendemos serem aparatos da razão, os recursos de realização de ações tecnológicas, um conjunto de decisões e a construção de novas tecnologias, segundo os autores referidos. Para eles, tais aparatos são definidos apenas a grosso modo, como construções grosseiras, a exemplo: formas de gestão, aparelhos tecnológicos, técnicas construtivas, entre outras. Estas, devido o seu caráter preliminar, podem ser definidas posteriormente, podendo resultar em produtos bem ou mal sucedidos, dependendo da forma e do contexto de sua aplicação. Skovsmose (2007, p. 156-159), define algumas características como sendo típicas destes aparatos, dentre as quais destacamos: (a) Propensão a uma ação sócio-tecnológica; (b) Desenvolvimento através de saltos imprevisíveis; e, (c) Unificação de conhecimento e poder.

Esses indicadores nos auxiliam na identificação e no reconhecimento do papel e da função dos *aparatos da razão* no contexto social das forças produtivas, envolvendo o uso de tecnologias artificiais, como as utilizadas em computadores e automóveis, mas também sistemas abstratos, tais como formas de manejo econômico e de comunicação, bem como na orientação dos processos abstratos sociais e ambientais.

Toda a base de atuação, bem como a aplicação destes aparatos é devida ao poder formatador da Matemática, ferramenta-chave, que segundo Skovsmose e Yasukawa (1999), torna possíveis as ações de desenvolvimento dos mesmos. Como os aparatos da razão são os recursos que interpretam uma série de ações de grande escala sócio-tecnológica, eles acabam funcionando essencialmente através da Matemática, que se constitui na sua parte mais importante.

O poder formatador da Matemática materializa formas práticas e funcionais do cotidiano, como símbolos, elementos abstratos e teoremas, que compõem os pacotes tecnológicos, que são implementados para poder permitir a atuação social e política deste procedimento inovador de base matemática. Como parte deste processo, a Matemática reflete a sua atuação no espaço físico, social, cultural e econômico.

A sociedade passa a ver e perceber o poder formatador da Matemática, que saída das orientações dos aparatos da razão, projetam sua atuação em forma de inovações tecnológicas, ou seja, novos produtos ou processos na área tecnológica, como informática, cibernética, engenharia, entre outras (SKOVSMOSE, 2008, p. 52). Tal atua-

ção é marcada pela apresentação de novas alternativas tecnológicas, pelo detalhamento projetivo de situações antes não percebidas e pelo caráter inovador que é posto em prática, significando, com isso, que a Matemática se torna “socializada”, como afirmam Skovsmose e Yasukawa (1999, p. 7).

Esta visão perfaz finalmente a compreensão da Matemática Crítica: ter a função de atuar junto aos aparatos da razão, para cumprir um papel formatador na constante atuação e renovação tecnológica dos meios de produção econômicos e sociais. Nas palavras dos autores referenciados, “a Matemática constrói o pacote”. Reconhecido este papel, torna-se imprescindível discutir a função formatadora que a Matemática possui no processo ensino aprendizagem, como veremos no item seguinte.

3 ESTUDANDO CULTURA E MATEMÁTICA CRÍTICA NO ENSINO SUPERIOR

A função formatadora que possui a Matemática, no contexto de produção da sociedade, não deve ser ensinada sem explícita referência à parte, no que diz respeito ao conhecimento da atuação dos *aparatos da razão*. Para Skovsmose e Yasukawa (1999, p. 9), devemos sempre ser críticos quanto a realização do ensino e do aprendizado da Matemática, mas temos que ir além, buscando um estudo crítico-reflexivo² sobre esta dimensão de atuação da Matemática: “Como educador, nós queremos que nossos alunos questionem e mudem as convenções sociais ao seu redor (...)”. Mas isto, além de ser algo que dependa da postura do professor, também depende de convenções sociais e pactos de planejamento, para enfim, gerar uma prática social que com o tempo seja significativa de uma cultura. Seria no caso a cultura da Matemática Crítica (SKOVSMOSE, 2007), porém o termo cultura não se restringe ou designa somente as práticas em si mesmas, sendo a principal identificação de um povo, como a sua marca e o seu conjunto de valores. Cuche (2002, p. 35), tomando por base Edward Tylor, direciona o termo cultura a “uma expressão da totalidade da vida social do homem”, sendo também adquirida e caracterizada pelo coletivo.

Tratamos então do uso do termo cultura, em sentido amplo, uma vez que serão focados aspectos da natureza do convívio social com a criação de tecnologia, o que rapidamente nos conecta aos *aparatos da razão*, onde atuam a Matemática e disciplinas congêneres no processo de formação tecnológica, como as engenharias e o *design* industrial. Esta distinção cultural é relevante quando se trata do debate a respeito dos cursos superiores de formação profissional, voltados à garantia desses aparatos, que a *posteriori* revelam alguns aspectos da atuação do poder formatador da matemática no contexto social.

3.1 AÇÕES MULTI, INTER E TRANSDISCIPLINARES NO ENSINO SUPERIOR

As universidades e as instituições de ensino superior no Brasil modelam as suas atividades considerando a estrutura convencional de disciplinas, organizadas sob modelo de gestão educacional pautada no tripé ensino, pesquisa e extensão, para o qual

² Skovsmose (2007, p.172), indica que a crítica está relacionada à reflexão, em concordância com Ubiratan D’Ambrósio, Theodor Adorno, entre outros estudiosos.

convergem todas as atividades cotidianas ou não desenvolvidas. Neste âmbito, Vasconcelos (2004, p. 103-108) aponta um panorama de desfragmentação funcional da estrutura institucionalizada e uma prática e perspectiva de transição do conhecimento. Ou seja, revela que estas instituições não têm funcionado bem no cumprimento de suas funções sociais quanto a formação profissional dos cidadãos, tendo por isso surgido atividades disciplinares plurais, metodologias e temáticas transversais que pudessem contribuir para a diminuição destas deficiências.

Desta realidade constatada é que surge a perspectiva de desenvolvimento plural das ações de conhecimento, daí advindo ações multi, inter e transdisciplinares³, entre outras, que surgem como alternativa de dinamização da estrutura de ensino, pesquisa e extensão existente. Daí ser plenamente adequada a utilização plural de conhecimentos e métodos, no âmbito da etnomatemática, tendência Matemática relacionada à visão e atuação da etnografia, termo que advém da etnologia (CUCHE, 2002), que por sua vez, é a parte da antropologia voltada ao *estudo e descrição dos povos, sua língua, cultura, raça, religião*⁴, etc. Segundo Vergani (2007, p. 24), a etnomatemática nasceu da etnologia, adquirindo *corpus* de um estudo que tem promovido principalmente a inserção da cultura na produção científica e profissional da Matemática. Detalhando melhor este sentido, D'Ambrosio (1998, p. 91)⁵ afirma que esta produção deve ter características voltadas à explicação da totalidade humana atuante em diferentes contextos naturais e culturais, o que favorece a visualização de interpretações abstratas e conceitos antes apenas teorizados.

Estamos enfatizando a etnomatemática como uma das vias de conexão da matemática com outros conhecimentos, assim como também o são outras formas de trabalho e processos de atuação Matemática, pautados em recursos como a modelagem matemática e a Matemática em Ação, sendo esta última reveladora da matemática no contexto das formas de representação, progresso e poder nas práticas sociais (SKOVSMOSE, 2007, p. 118-135). Neste âmbito a estrutura formal de conhecimento teórico e de pesquisa se constitui de diversos elementos próprios, como as técnicas, instrumentos, conceitos e objetos investigativos, que podem ser comuns a vários campos do conhecimento.

Todas as associações de conhecimento em prol da melhoria de compreensão e prática de utilização do saber matemático refletem a prática plural de técnicas e procedimentos de um saber para o outro, por isso, é importante termos noção de que estamos tratando de objetos com naturezas próprias do ponto de vista teórico, ético, metodológico, histórico, epistemológico, ideológico e político, que exigem no seu trato uma relação pluralista. No entanto, adverte Vasconcelos (2004), não devemos confundir-las

³ Segundo Vasconcelos (2004, p. 111-112), as ações MULTIDISCIPLINARES constituem uma gama de campos de saber que se propõem simultâneos e de um só nível, com objetivos únicos e sem cooperação; As INTERDISCIPLINARES, são a interação participativa, com axioma comum a grupos conexos, possuindo dois níveis, objetivos múltiplos e uma coordenação em nível superior; Por fim, as TRANSDISCIPLINARES, constituem interações de médio e longo prazo com coordenação de vários campos de saber, com tendência à criação de campos de saber com autonomia operativa e teórica, níveis e objetivos múltiplos.

⁴ FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. *Mini Aurélio Escolar* – Século XXI. 4. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2000, p. 335.

⁵ É justamente D'Ambrosio quem apresenta a explicação etimológica da palavra etnomatemática, como sendo equivalente a *etno* (contextos culturais, linguagens específicas, simbologias, práticas sociais,...); *mathema* (conhecimento, explicação e compreensão; e, *tica* (*thecne* = raiz etimológica dos termos "arte e "técnica").

com um fazer superficial ou com um ecletismo, como mistura ou composição de elementos. Por isso, entendemos ser ele o diferencial de um fazer descompromissado em relação aos seus *aparatos da razão*, para que seja possível caracterizar uma autêntica consistência de trabalho científico.

Passando a educação matemática a assumir uma postura crítica, o jogo ou relação com diferentes tipos e formas de conhecimento fica viabilizada. A descrição dos elementos dispostos reflete a gama de possibilidades operacionais no ensino de uma programação de conteúdo matemático que possa transitar com outras disciplinas, admitindo a pluralidade como meio e perspectiva de avanço e desafios na produção de saberes. Com o passar do tempo, os novos matemáticos e professores de matemática estarão compondo um novo perfil de formadores a partir desta visão diferenciada.

3.2 UMA EXPERIÊNCIA ENVOLVENDO O CONHECIMENTO ETNOMATEMÁTICO

A realização de práticas de conhecimento além da forma convencional disciplinar requer um estudo de relações possíveis, que implica em um planejamento de atividades que preveja adequadamente o alcance dessa perspectiva de organizar, sistematizar e negociar saberes. Este pensamento torna possível, por exemplo, a realização de atividades interdisciplinares entre o conhecimento científico e o saber tradicional, e mais especificamente, a etnomatemática realiza esta tarefa no âmbito da Matemática.

A amplitude de atuação da cultura faz resultar diferentes conexões de conhecimentos e disciplinas, medidos ou avaliados de acordo com as experiências desenvolvidas pelas instituições de ensino e pesquisa. Apresentamos um estudo interdisciplinar que realiza esta conexão através da etnomatemática, propagada principalmente nos cursos superiores de licenciatura em Matemática, voltado a *analisar a expressão cultural e as técnicas de trabalho da marcenaria artesanal*⁶. O tema surgiu das reflexões de professores e alunos dos cursos de Licenciatura em Matemática e de Especialização em Design de Móveis, da Universidade do Estado do Pará (UEPA), realizado nos anos de 2006 e 2007. Desejosos em conhecer e aplicar o conhecimento estudado, acenaram para a possibilidade de visualização do conhecimento de um ofício popular que utiliza técnicas matemáticas aplicadas à produção de artefatos e objetos estéticos e utilitários, como é o caso da marcenaria artesanal.

Ao iniciar o projeto interdisciplinar já se tinha conhecimento prévio de que os marceneiros artesanais atuam como profissionais que possuem dinâmicas e culturas de fazeres *que priorizam as necessidades de mercado*⁷, repensando a sua forma de atuação de acordo com a disponibilidade de matéria-prima, principalmente a madeira, bem como as possibilidades de mão-de-obra e transporte da sua produção. Utilizam a matemática (como saber popular e tradicional) em todas as fases do seu trabalho, desde a aquisição de material (compra), a confecção dos móveis (elaboração e dimensionamento de peças) até a comercialização (venda), quando então desenvolvem cálculos de

⁶ Elemento-síntese a partir do objetivo geral do projeto interdisciplinar *Movelaria Popular: Conhecendo as Técnicas de Trabalho dos Marceneiros Artesanais de Belém-PA*.

⁷ Extraído do conteúdo justificativo do projeto.

preços, de acordo com o tipo de acabamento escolhido pelo cliente (pintura, envernizagem - acabamento com verniz, texturização ou material natural).

Desenvolveu-se o estudo e a contextualização da etnomatemática como assunto em sala de aula, a partir das disciplinas Desenho Geométrico, do Curso de Matemática (01 professor); Expressão Gráfica, do Curso de Design (01 professor); e, Metodologia Científica (02 professores), sendo esta última direcionada a ambos cursos. Após o embasamento inicial, pelo professor de Metodologia Científica, fez-se um estudo de problematização, em equipes, tendo sido suscitadas as seguintes questões motivadoras (principais): *Que percepção se tem da linguagem, os hábitos e do ambiente cultural e de trabalho onde atuam os marceneiros artesanais? Como se caracterizam sua tecnologia, construção e materiais empregados? Que matemática os marceneiros artesanais utilizam no seu trabalho? Que estética e que técnica de confecção eles adotam para conceber as peças que constroem?* Naturalmente o repertório de perguntas era maior, mas partiu-se daí para a definição dos objetivos, dos sujeitos e demais requisitos de um projeto de pesquisa. Definiu-se de acordo com indicações e conhecimento de contato feito pelos próprios estudantes, cinco marcenarias em quatro diferentes bairros de Belém: Guamá (02), Jurunas (01), Marambaia (01) e Guanabara (01). Tais critérios condizem com o fato de que sendo esta pesquisa qualitativa etnográfica, tem um grau de rigor metodológico, mas “pode ser influenciada por critérios subjetivos” (D’AMBROSIO, 1996, p. 104).

A orientação geral dos projetos de pesquisa partiu de uma proposta interdisciplinar que teve como partes principais fundamentação teórico-bibliográfica; pesquisa de fontes, com ênfase no diálogo com os sujeitos pesquisados, sendo sempre o “mestre”⁸ responsável de cada marcenaria; prognose⁹ dos estudos de etnomatemática e design (projeto de produtos industriais). O objetivo principal desta atividade interdisciplinar foi de que os alunos tivessem uma compreensão da realidade social em relação aos assuntos estudados em sala de aula. Considerando as palavras de D’Ambrosio (1996, p. 79), vemos que “toda teorização se dá em condições ideais e somente na prática serão notados e colocados em evidência certos pressupostos que não podem ser identificados apenas teoricamente. Isto é, partir para a prática é como um mergulho no desconhecido”. Essa transcrição revelada nos materiais didáticos apresentados, refletiu a preocupação e a expectativa de todo grupo de professores e alunos.

A iniciativa momentânea de distanciamento da pura teoria nos conduz a uma visão real do trabalho, mediante a observação das diferentes situações encontradas na sociedade. Esta inserção social é bem consolidada na pesquisa etnográfica, pelo foco que dá a diferentes ambientes e cenários culturais e, como observa D’Ambrosio (*idem*, p. 104), “esta modalidade de pesquisa depende muito de o pesquisador estar em atividade na sala de aula como professor”.

⁸ Denominação popular, comum ao encarregado da direção dos serviços em uma carpintaria ou marcenaria artesanal.

⁹ A etapa de prognose traça o “provável desenvolvimento futuro” ou o resultado de um processo, no planejamento de atividades de pesquisa - FERRARI, Celson. **Planejamento municipal integrado**. 7. ed. São Paulo: Pioneira, 1991.

¹⁰ A autora associa a esta visão a formação cartesiana, cuja base condensa-se na experimentação, no empirismo e na dedução, sedimentadas pela lógica e a racionalidade.

O estudo e a contextualização da etnomatemática foi realizada satisfatoriamente em sala de aula, mas o seu pleno desenvolvimento como método etnográfico não aconteceu, em função de não ter havido uma interação e um convívio com os sujeitos pesquisados, baseada na observação da experiência cultural dos mesmos em suas atividades cotidianas (TEIXEIRA, 2001, p. 123-125). Apenas foram realizadas visitas de investigação de pesquisa para coleta de informações gerais e entrevistas não estruturadas ou livres, além de registro de imagens, aspecto este colocado com clareza ao final do processo, o que vem de encontro com a necessária contextualização crítico-social da Matemática Crítica.

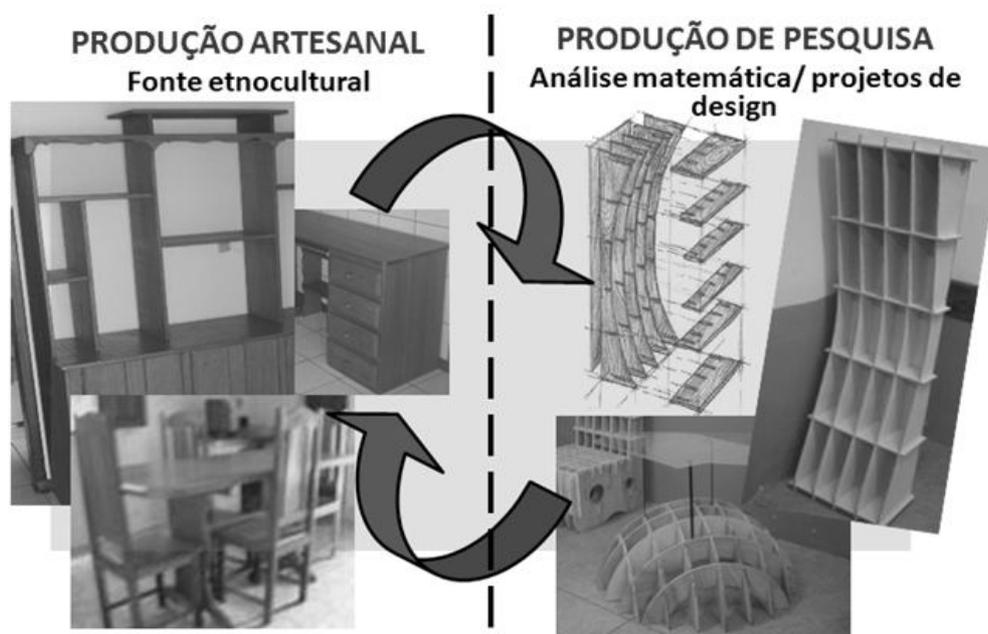
Com o estudo do método etnográfico, por mais que a sua efetivação não tenha sido completa, quebrou-se o foco tradicional de visão empírico-analítica (*idem*, p. 109)¹³, privilegiando-se o aspecto indutivo na pesquisa, proporcionada pela abordagem qualitativa, pela valorização da informação cultural (base etnológica), que conduziu à determinação matemática da produtividade de novos tipos de peças de movelaria (projetadas e construídas). Esta contribuição, feita na sua maioria pelos alunos de Matemática, proporcionou a compreensão cultural, matemática e formal do processo de produção artesanal.

Ao final do processo, obteve-se a maior participação dos alunos de Design, que baseados em projetos de móveis feitos com sobras de folhas de compensado e de outros tipos de madeira, construíram protótipos em tamanho real, demonstrando bons atributos compositivos estéticos como resultado da experiência criativa desenvolvida. Outro aspecto relevante foi a compreensão do processo na sua totalidade, graças a contextualização feita ao final, através de dossiê/ relatório de pesquisa.

O resultado de toda a atividade revelou três aspectos a considerar:

- i) Aspecto estético e cultural – A atividade de marcenaria artesanal (movelaria) tem algumas distinções próprias, considerando o aspecto visual de uma estética identificada com o gosto popular (modelos padrão adotados em geral por todos os marceneiros), que foram detectadas pelos estudantes e que foi priorizado o seu respeito e manutenção, tendo sido elaborada ao final, pelos mesmos, uma linha de peças com chapas de compensado reaproveitadas (figura a seguir), que mesmo tendo características estéticas diferenciadas do artesanal, foram apresentadas como solução-base (projeto padrão) para ser posteriormente adaptada e desenvolvida pelos próprios artesãos, em forma de projeto e de protótipos;

Figura 1 – Diálogo da fonte etnocultural (marcenaria artesanal) e dos estudos de Matemática e Design (pesquisa/ projetos industriais).



Fonte: Autores do artigo.

- ii) Aspecto tecnológico e funcional – O conhecimento da técnica de trabalho e construção de peças de marcenaria artesanal para movelaria revela em geral, uma ausência de desenhos ou projetos, prevalecendo aspectos práticos (material, função, sistema de uso), tendo como matérias-primas mais comuns pranchas e peças serradas de madeira do tipo angelim (pesadas), cupiúba (média) e virola (leve), que lhe proporcionam um visual popular típico nos seus detalhes (ornamento simétrico com motivos florais, curvas e volutas), tendo sido feita uma prognose simples e funcional com material complementar (compensado), como visto na figura anterior;
- iii) Aspecto social e econômico – Revela a imperiosa preocupação dos artesãos com a carência de matéria-prima (madeira), custos de transporte da mesma e também do produto acabado, falta de insumos financeiros (financiamentos), excessivos gastos com energia, dificuldades quanto a comercialização os produtos, devido a concorrência (indústrias de móveis de metal, madeira leve e MDF) e o baixo poder aquisitivo da população, atestando-se com isso, a plena adequação dos projetos elaborados pelos estudantes, proporcionando economia, racionalização de custos, em função do processo de produção ser sistematizado, simples e prático.

A atividade interdisciplinar mostrou na sua totalidade, a realidade difícil da manutenção das atividades da marcenaria artesanal, tendo sido marcante o depoimento de um dos entrevistados (“mestre” João Cardoso, bairro do Guamá) quanto a venda e aceitação dos seus produtos: “antes qualquer pessoa rica ou pobre podia comprar, hoje

'só compra quem pode', já que tá difícil conseguir a madeira". Além disso, a falta de visão de mercado e o desconhecimento de processos técnicos de trabalho especializados, como a metodologia de projeto, acaba fazendo com que esta atividade artesanal se reduza gradativamente.

O desenvolvimento dos protótipos resultou do trabalho preliminar envolvendo demonstrações de custos e composição de memorial descritivo e justificativo acompanhados de projetos finalizados. Além disso, produziu-se experimentações com materiais selecionados, obtendo-se propostas que jogam com a criatividade e aplicam as técnicas de composição visual, sendo um teste à capacidade perceptiva e expressiva dos alunos. Durante o processo foi também avaliado o trabalho de pesquisa, cálculo e pré-modelagem de movelaria, envolvendo aspectos como a tecnologia de construção, montagem, materiais e ergonomia.

A laboração matemática aconteceu em todo o processo, da fase de pesquisa à de projeto e construção dos protótipos, feita pelos alunos de Design. Para desenvolver esta etapa final, eles realizaram as seguintes atividades: (a) Cálculo e desenho plano de peças antes do corte, com estudo de corte de chapas padronizadas (2,20 x 1,60 m) – bitola de uma folha de compensado, estudando-se a forma mais racional, simples e prática de aproveitamento de materiais; (b) Estimativa de custos e investimento de implementação do processo produtivo (economia de produção); (c) Estudo sobre aspectos técnicos quanto a previsão de transporte, armazenamento, distribuição em pontos de venda e montagem de peças padrão, privilegiando os princípios de leveza e praticidade nos novos produtos; (d) Desenho e determinação de peças não padronizadas, através da reciclagem e o reaproveitamento de aparas descartadas, como sobras de cortes de peça e restos de madeira em geral.

Graças a este empenho realizado, foi possível determinar no geral uma economia da ordem de 40 % para a produção de um móvel feito pelos marceneiros artesanais. Um armário médio de Angelim vermelho (1,20x1,90x0,45m), normalmente é vendido a R\$380,00. Se fabricado com compensado (sobras) e complementos, seu custo seria de R\$228,00. Esta economia vem do fato que além da matéria-prima ser mais barata (corte racional de madeira e sobras reaproveitadas), economiza-se no valor das ferragens e materiais complementares. Alguns projetos simplesmente utilizam encaixes de peças horizontais e verticais, dispensando completamente o uso de cola para madeira, pregos e parafusos.

Atesta-se portanto, o poder formatador da matemática na medida em que a formação de nova tecnologia venha requerer refazimentos constantes no aperfeiçoamento das condições de trabalho os agentes de produção, que alteram o processo rumo à sua efficientização. Neste sentido, a matemática mobiliza as transformações econômicas e técnicas produtivas, fornecendo a base para a nova composição de custos em todo o processo, além de viabilizar e subsidiar a nova tecnologia desenvolvida, que além de tudo isso, tem um caráter não convencional, pois aplica matéria-prima que antes era retirada do processo como resíduo de produção.

Graças à Matemática em si e à etnomatemática, foi possível desenvolver uma produção conjunta com a área de Design, tendo sido produzida uma nova tecnologia de confecção de móveis, considerando toda fonte / embasamento informativo proveniente

te da tradição cultural na produção de móveis artesanais. Nas mãos destes artesãos, esta tecnologia teria que receber uma estética (visual) típica, adaptada ou não a partir do existente, que naturalmente teria uma concepção distinta da que foi criada pelos estudantes, porém com a mesma funcionalidade e composição técnica e material. No entanto, até que se processe esta alteração, ela permanece formatada pela pesquisa acadêmica como algo geral, sem feições próprias, pois além disso, ela precisa ser consagrada pelo uso, a partir da aceitação do público usuário, que funciona como a resposta (*feed-back*) dada pela sociedade, pois para D'Ambrosio (1996, p. 89-90), as iniciativas que partem do anseio comum da sociedade permitem a cada pessoa ou grupos envolvidos no processo a oportunidade de "atingir seu pleno potencial criativo".

4 À GUIA DE ENCERRAMENTO

A Educação Matemática Crítica preocupa-se com a maneira como a Matemática em geral influencia nosso ambiente cultural, tecnológico e político e com a finalidade para as quais a competência matemática deve servir (...)
- Alrø e Skovsmose (2006, p. 18)

Atenta a todas as transformações sociais, a matemática crítica busca entender e analisar as forças sociais que proporcionam a atuação dos aparatos da razão, os quais não provem em si mesmo recursos para estabilizar estas forças, mas representam as hostes da renovação tecnológica. Como a tecnologia se renova, se produz e reproduz a cada dia, acabam por polarizar estes aparatos de forma analítica, sendo a matemática a base de tudo. Segundo Skovsmose e Yasukawa (1999, p. 9):

A Matemática representa um poderoso recurso para levar a cabo, o desenvolvimento rápido e imprevisível dos aparatos da razão: Novas opções de tecnologia são geradas. Inovações tecnológicas são apoiadas pela Matemática, pois ela ajuda claramente a estabilizar situações hipotéticas e analisar aspectos particulares destas situações.

O exemplo da construção de móveis artesanais apresenta uma codificação mais genérica, como aproximações tecnológicas para a confrontação da percepção de problemas na estrutura de confiança na sociedade, como ilustrado na frase anterior. Da percepção das necessidades por essas tecnologias, e da interação entre elas, vemos a formação de novos tipos de relações sociais.

No contexto social da solução pensada e revelada, temos a nova possibilidade tecnológica, que se sobressai em relação aos elementos pré-existentes e que também são ditados pelos aparatos da razão. Porém a exploração econômica vigente também reflete o domínio dos mesmos, caracterizando-se pelo desmatamento e retirada irregular de produtos extrativos da mata (madeira), privilegiando a matemática voltada à economia do processo agroindustrial, pelo domínio e expansão da agricultura e da pe-

cuária. Pouco se pensa nos danos sociais e ambientais frutos do mesmo, por isso a pesquisa trouxe, via etnomatemática, uma proposta ecologicamente aceita, que é o reaproveitamento de sobras e resíduos das próprias marcenarias para a construção de novas peças. Atualmente estas sobras ainda são na sua maioria, jogadas no lixo ou vendidas como lenha para alimentar fornos de panificadoras, o que identifica o cotidiano do processo como sendo orientado de forma tradicional (produção convencional).

Ao abordar a matemática numa visão mais ampla (contexto social), D'Ambrosio (1996, p. 116) costuma se referir a uma "matemática dominante", que está a serviço da dominação imposta pelos "países centrais" às demais nações, mas que se distingue da "matemática do dia-a-dia". Por este motivo, há tecnologias e formatações matemáticas somente compreensíveis e utilizáveis por quem detém este domínio.

Afinal, nas palavras de Skovsmose, é desta forma que a Matemática "serve os aparatos do poder", constituindo com o passar do tempo uma atuação mais ampla, através do seu poder formatador na sociedade tecnológica, atuando a serviço dos meios de produção econômica. Porém, valorizando a criatividade individual e o poder imaginativo que possui a Matemática, é possível elaborar e desenvolver novas tecnologias, como a referente a marcenaria artesanal, fazendo romper totalmente a lógica da relação impositiva presente.

REFERÊNCIAS

ALRØ, Helle; SKOVSMOSE, Ole. **Diálogo e a aprendizagem em Educação Matemática**. Trad.: Orlando Figueiredo. Belo Horizonte: Autêntica, 2006.

CHANGEUX, Jean-Pierre; CONNES, Alain. **Matéria e pensamento**. Trad.: Luiz Paulo Rouanet. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1996 (Biblioteca Básica).

CUCHE, Denys. **A noção de cultura nas ciências sociais**. Trad.: Viviane Ribeiro. 2. ed. Bauru (SP): EDUSC, 2002.

D'AMBROSIO, Ubiratan. **Educação matemática: da teoria à prática**. Campinas (SP): Papyrus, 1996 (Coleção Perspectivas em Educação Matemática).

_____. A transdisciplinaridade como acesso a uma história holística. In: WEIL, Pierre; D'AMBROSIO, Ubiratan; CREMA, Roberto. **Rumo à nova transdisciplinaridade: sistemas abertos de conhecimento**. São Paulo: Summus, 1998.

MACHADO, Nilson José. **Matemática e educação: alegorias, tecnologias e temas afins**. 3ª Ed. São Paulo: Cortez, 2001 (Coleção Questões da Nossa Época; v. 2).

PASSOS, Caroline Mendes. **Conexões teóricas e práticas entre etnomatemática e educação matemática crítica**. Disponível em: <www2.rc.unesp.br/eventos/matematica/.../236-1-A-gt7_passos_tc.pdf>. Acesso em: 04 set. 2009. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.

_____. **Primeiras conexões entre etnomatemática e educação matemática crítica.** Disponível em: <www.alb.com.br/anais16/sem15dpf/sm15ss12_03.pdf>. Acesso: 01 set. 2009. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

SEVERINO, Antonio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico.** 25. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

SKOVSMOSE, Ole. **Desafios da reflexão em educação matemática crítica.** Trad.: Orlando de Andrade Figueiredo e Jonei Cerqueira Barbosa. Campinas (SP): Papyrus, 2008 (Coleção Perspectivas em Educação Matemática).

_____. **Educação crítica: incerteza, matemática, responsabilidade.** Trad.: Maria Aparecida Viggiani Bicudo. São Paulo: Cortez, 2007.

SKOVSMOSE, Ole; YASUKAWA, Keiko. **O poder formatador da matemática: um estudo de caso e questões para a educação matemática.** Centre for Research in Learning Mathematics. Royal Danish School of Education Studies, Roskilde University Centre and Aalborg University, Copenhagen, 1999.

TEIXEIRA, Elizabeth. **As três metodologias: acadêmica, da ciência e da pesquisa.** 4. ed. Belém: UNAMA, 2001.

VASCONCELOS, Eduardo Mourão. **Complexidade e pesquisa interdisciplinar: epistemologia e metodologia operativa.** 2. ed. Petrópolis (RJ): Vozes, 2004.

VERGANI, Teresa. **Educação etnomatemática: o que é?** Natal: Flecha do Tempo, 2007.

INSTITUCIONALIZAÇÃO DO PROCESSO DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DO PRODUTO EM UMA FÁBRICA DE SOFTWARE

*Marcus Paulo da Silva Melo**
*Sandro Ronaldo Bezerra Oliveira***

RESUMO

Este artigo relata o estudo da institucionalização de um processo de desenvolvimento de software de um projeto de grande porte e modularizado, cujo objetivo é de construir um sistema de informação bancário. Em virtude da grande ocorrência de re-trabalhos e do impacto provocado por estes, foi observada a necessidade de mudanças e melhorias na qualidade do projeto e construção do produto. O artigo descreve o processo inicial, sua evolução e as ferramentas de apoio utilizadas, relatando e justificando suas mudanças para o atendimento das necessidades do projeto.

Palavras-chave: Melhoria do Processo. Processo de Solução Técnica. Ferramentas. Relato de Experiência.

INSTITUTIONALIZATION OF TECHNICAL SOLUTION PROCESS APPLIED IN A SOFTWARE FACTORY

ABSTRACT

This paper presents the study of the institutionalization of a software development process in a large and modularized project, whose goal is to build a bank information system. For the reason of high occurrence of reworks and the impact caused by them, it was identified the need for changes and improvements in the quality of the planning and development of the product. The paper describes the initial process and its development, reporting and justifying the changes to meet the needs of the project.

Keywords: *Process Improvement. Technical Solution Process. Software Tools. Experience Report.*

1 INTRODUÇÃO

O processo de desenvolvimento de software vem ganhando importância dentro das empresas que desenvolvem sistemas. Um produto construído com processos bem definidos pode garantir a qualidade da construção do mesmo, e assim atender satisfatoriamente as necessidades do cliente (SELBY, 2005; MUNSON; ALLEN; JOSEPH, 2006).

* Mestrando em Ciência da Computação, Universidade Federal do Pará. Email: mpaulobr@yahoo.com.br.

** Doutor em Ciência da Computação pelo CIn/UFPE. Professor da Faculdade de Computação do ICEN/UFPA. Email: srbo@ufpa.br

Com o intuito de obter um diferencial, devido à alta competitividade no mercado de software, essas empresas estão adotando uma gerência sistemática dos processos de desenvolvimento de software, do produto, através da adoção de processos de melhoria de software seguidos de uma criteriosa avaliação de seus produtos. A partir disto, estas empresas têm obtido a necessária melhoria nos resultados de negócios. Para uma boa aceitação de um produto de software pelo cliente, as empresas que realizam o desenvolvimento, devem priorizar a qualidade de um produto, através de processos bem definidos, como por exemplo, o processo de Projeto e Construção do Produto (PCP), que possui como objetivo garantir que o produto seja construído seguindo um processo que atende apropriadamente os requisitos especificados (SOFTEX, 2009).

Este artigo tem o objetivo de descrever todo o processo de institucionalização e as mudanças ocorridas no processo de projeto e construção do produto de uma Fábrica de Software, tratando do contexto inicial, a motivação e a evolução, e as melhorias para o processo atual.

O projeto desenvolvido pela fábrica, objeto motivador para o desenvolvimento deste trabalho, consiste em um sistema de gestão de Fomento. O sistema basicamente possui o escopo de gerenciamento de contratos, projetos e liberações de recursos, para projetos fomentados na região Amazônica.

Durante o desenvolvimento do artigo foram pesquisados diversos trabalhos, de forma a gerar um embasamento teórico. Devido ao sigilo empresarial não foi possível coletar dados de outras empresas que utilizem processos similares. Porém, alguns trabalhos sobre melhoria do processo de software foram pesquisados com o objetivo de melhor guiar a institucionalização do processo descrito neste trabalho.

Yoon (2001) descreve em seu trabalho que a formalização de processo, integrando-o com módulos de processo encapsulados, constitui um método sistemático para adaptação de cada módulo do processo.

Os autores Coelho (2003) e Maia e Nunes (2004) propõem em seus trabalhos uma adaptação de processo para organização que já tem um processo definido, mas também novos processos podem ser adaptados. Ambos os trabalhos relatam que a adaptação é orientada por regras associadas apenas a atividades do processo.

Outro trabalho relacionado é de Münch (2004), que aborda em seu trabalho um modelo de processos adaptável definido no princípio de sistemas de transformação. Um processo pode sofrer várias alterações até que esteja adaptado.

Além da introdução, este artigo contém outras seis seções. A seção 2 ambienta o cenário da Fábrica de Software, o projeto e a organização em que ocorre. A seção 3 descreve o processo inicial do projeto e da construção do produto. Na seção 4 serão apresentadas as melhorias executadas neste processo. A seção 5 descreve as ferramentas de apoio utilizadas. A seção 6 descreve alguns resultados obtidos com a execução do processo. Na seção 7 são descritas as conclusões e alguns trabalhos futuros.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO DO CENÁRIO DO PROJETO

A empresa foco deste relato foi fundada em 1974 sendo a primeira empresa genuinamente nacional a produzir e comercializar tecnologia no segmento de informática. Nos anos 90, já fazendo parte da estrutura de um banco nacional, tornou-se uma integradora de soluções.

Em 2004, esta empresa iniciou o desenvolvimento de um programa de excelência tecnológica com um cliente bancário, situado na região Norte. O objetivo desta parceria era dotar os funcionários do banco de uma ferramenta composta por novos processos, novas soluções tecnológicas e novos paradigmas de negócio, para que pudessem aprimorar os níveis de competitividade e qualidade de serviços, viabilizando as diretrizes do Planejamento Estratégico da Organização.

No ano de 2007, diante da necessidade do cliente em atualizar tecnologicamente (mudança de plataforma operacional) seu sistema de Fomento¹ e em função da sua complexidade, o projeto ganha uma equipe dedicada para seu desenvolvimento. Com isso, a empresa cria o projeto piloto de uma Fábrica de Software no Pará. A fábrica possui aproximadamente 59 (cinquenta e nove) profissionais desempenhando papéis bem definidos e seguindo um estruturado processo de software.

Pela constante necessidade de comunicação com diversos *stakeholders* do cliente, foi acordado que a Fábrica de Software ficaria sediada no mesmo espaço físico do banco. Acordou-se ainda que o sistema fosse entregue por módulos funcionais, quando estes, após a entrega, ficariam por um período em homologação, para o cliente validar os requisitos implementados.

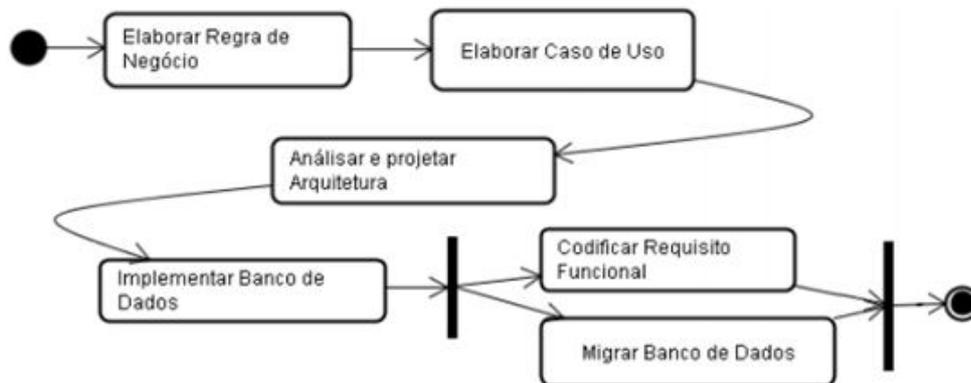
Em se tratando do cenário do sistema, a empresa enfrentou diversas dificuldades quanto à aquisição e definição de recursos. O projeto não contemplava a disponibilização de recursos de software e hardware e com isso, o projeto foi direcionado a utilizar somente os recursos, incluindo licenças de softwares, que o cliente colocasse à disposição. Deste modo, diversas ferramentas de software livre foram usadas para apoiar diferentes disciplinas da Engenharia de Software.

Quanto aos recursos humanos, o projeto até hoje possui dificuldade em compor a equipe, pela falta de mão-de-obra qualificada no mercado local que atenda aos papéis definidos no processo de software. Com a finalidade de minimizar essas dificuldades, a empresa oferece regularmente cursos internos e workshops. Para a gerência executiva do projeto, o trabalho de qualificação e capacitação dos funcionários é muito importante para que os profissionais possam conhecer conceitos de planejamento de projeto e qualidade de software. Dessa forma, foi possível mostrar uma visibilidade total do projeto e de que maneira os processos internos seriam impactados, o que foi determinante para o bom andamento do projeto. Para caracterizar o tamanho do projeto em desenvolvimento, no início haviam sido estimados 4560 UCPs (Pontos de Caso de Uso) a serem implementados, porém, com o surgimento de novos requisitos este esforço está sendo revisado. Atualmente o projeto possui aproximadamente 3520 UCPs desenvolvidos

3 PROCESSO INICIAL DA DISCIPLINA DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DO PRODUTO (PCP)

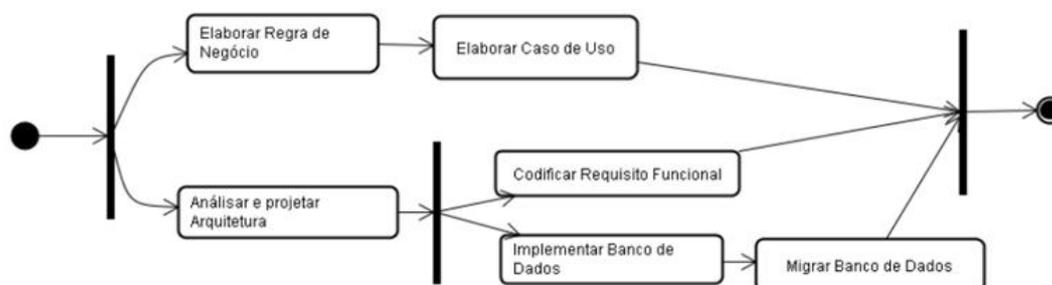
Inicialmente, existiam dois processos de PCP que eram executados na Fábrica de Software. O primeiro processo, descrito através do diagrama de atividades da UML (*Unified Modelling Language*), na Figura 1, tem início com a documentação de regras de negócio elaborada pelos Analistas de Requisitos, contendo todas as informações propriamente ditas sobre o negócio da aplicação. Posteriormente, um documento de caso de uso era criado, permitindo uma aproximação da regra de negócio em nível de implementação. Como forma de elucidar o entendimento dos requisitos, reuniões técnicas eram realizadas entre os analistas de requisitos e os desenvolvedores, verificando assim se o que está sendo “elicitado” poderia ser implementado, levando em consideração o prazo estipulado e a experiência técnica da equipe de desenvolvimento. Após essa atividade, era realizada a análise e projeto da arquitetura do sistema seguida da implementação do banco de dados. Realizada essa atividade, os desenvolvedores iniciavam o desenvolvimento da codificação e em paralelo ocorria a migração de banco de dados (BUSCHMANN; KEVLIN, 2007; MUNSON; ALLEN; JOSEPH, 2006).

Figura 1 – Fluxo do Processo Geral da Fábrica de Software.



Outro processo alternativo de PCP era executado conforme demonstra a Figura 2. O fluxo deste processo era iniciado mesmo se as regras de produtos não estivessem completamente especificadas devido a problemas na aquisição de informação com o cliente. A partir disso, a equipe responsável pela arquitetura do software analisava as poucas informações que possuíam obtidas através de conversas e reuniões com os Analistas de Requisitos do projeto. A realização desse segundo processo era motivada por erros no planejamento do cronograma, devido o atraso na especificação dos requisitos por parte do cliente. É importante salientar que as duas etapas do processo descritas nas Figuras 1 e 2 possuíam sérios problemas com re-trabalho no que tange a manutenção dos produtos de trabalho gerados ao longo do desenvolvimento, sendo que, por várias vezes foi necessário descartar a implementação inicial do caso de uso devido ao não atendimento ao requisito, ou seja, a codificação era similar à documentação, entretanto não foi o que o cliente especificou, dessa forma reiniciando o processo.

Figura 2 – Fluxo Alternativo do Processo Geral da Fábrica de Software



Os dois processos descritos não tinham padronização, ou seja, eram executados dois processos distintos que tinham como resultado problemas na análise e construção do produto, na implementação do banco de dados, na codificação do requisito funcional e na usabilidade do sistema. Estes problemas serão discutidos a seguir. O primeiro problema iniciava-se na fase de elaboração de regra de negócio e de casos de uso. Ocasionalmente, para que não houvesse atraso no desenvolvimento do módulo funcional, os arquitetos elaboravam uma arquitetura pouco consistente, ou melhor, uma arquitetura não planejada na qual qualquer mudança gerava um impacto grande para o projeto, devido à falta de informações, o que aumentava a possibilidade de serem necessárias reestruturações de código ou *refactoring*¹ nos módulos seguintes. Isso ocasionou um sério impacto a todo o projeto, pelo motivo das alterações refletirem em ajustes em diferentes módulos do sistema. Outro fator negativo no processo de desenvolvimento da arquitetura era a não elaboração de um plano de prova de conceito, que consiste em testar as tecnologias existentes para analisar qual(is) se adapta(m) à solução do problema descrito (SELBY, 2005).

Outro problema, já citado, era a falta de padronização das nomenclaturas das tabelas do banco de dados, assim como dos atributos contidos em cada tabela, o que gerava dúvidas de entendimento entre os desenvolvedores. A partir dos problemas apresentados e devido à necessidade de agilidade na homologação do sistema, assim como para o aumento na qualidade do produto, algumas medidas foram tomadas para promover melhorias neste processo, desde a disponibilização de uma equipe dedicada até a adoção de melhores práticas. Estas melhorias serão discutidas na Seção 4.

4 MELHORIAS NO PROCESSO DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DE PRODUTO ATUAL

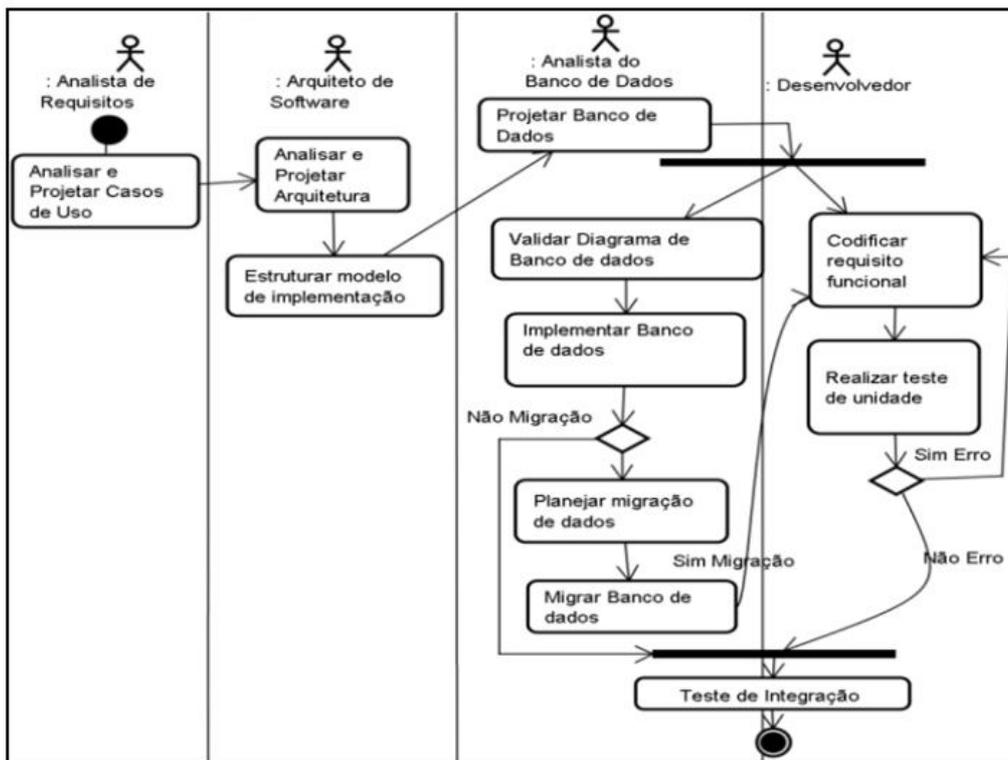
Nesta seção será abordado como se encontra definido e institucionalizado atualmente o processo de construção de projeto e do produto utilizado na Fábrica de Software apresentada, na qual foram realizadas melhorias na execução desta disciplina.

Uma das melhorias foi que, o tempo de desenvolvimento foi reduzido, de uma forma geral. Para calcular essa redução foi necessário que a gerência aplicasse entrevistas e questionários com os membros da equipe. Adicionalmente, foi realizada uma

¹*Refactoring* é o processo de alterar o código de maneira que seu comportamento funcional não seja alterado.

verificação no cronograma comparando-o com as atividades concluídas. Chegou-se a conclusão que de acordo com o relatório divulgado pela gerência o tempo de desenvolvimento foi reduzido em até 42% comparado ao processo inicial. Para melhor entendimento, será mostrado o fluxo de atividades e um detalhamento do novo processo e suas melhorias. A Figura 3 retrata a execução deste processo.

Figura 3 – Processo de PCP Atual da Fábrica de Software.



O novo processo inicia na criação do requisito, não ilustrado na Figura 3, pelo fato de que esta atividade não está relacionada diretamente com a fase do PCP. Após essa atividade, é iniciada a fase de Analisar e Projetar Casos de Usos, que tem o objetivo de aproximar as regras de negócio para um melhor entendimento dos desenvolvedores, através de reuniões técnicas com os mesmos. Após isso, outra atividade realizada é a de Analisar e Projetar a Arquitetura do software. A equipe de arquitetos elabora uma arquitetura baseada nas informações coletadas pelos documentos de caso de uso e de regra de negócio. Posteriormente, é realizada a técnica da prova de conceito das tecnologias, que envolve as seguintes tarefas:

- Realização de testes comparativos de características entre tecnologias afins;
- Verificação do nível de dificuldade de codificação;
- Verificação da viabilidade relacionada à escalabilidade da aplicação;
- Nível de acoplamento com outros módulos funcionais.

Após a definição da arquitetura, a equipe de arquitetos fica responsável por realizar a definição do documento que retrata o modelo de implementação e de arquitetura do software. O documento modelo de implementação retrata a padronização do código, por exemplo, os métodos devem ter comentários claros descrevendo o que fazem; esse documento define, também, as boas práticas de programação, para melhorar o entendimento dos desenvolvedores que forem realizar uma futura manutenção no sistema. Já o documento de arquitetura, contempla todo o projeto arquitetural, os *frameworks*² utilizados. A atividade posterior diz respeito à definição do projeto de banco de dados. Neste momento, a equipe responsável recebe os documentos de caso de uso e regra de negócio e passa a projetar como será realizada a criação das tabelas do banco de dados, atributos, relacionamentos entre as tabelas. Após esta atividade, paralelamente, ocorrem dois fluxos: a validação do que foi projetado no banco de dados e o início da codificação do requisito funcional por parte dos desenvolvedores. Por conseguinte, a equipe responsável pelo banco de dados realiza a implementação do projeto definido.

Nessa atividade, as tabelas, os atributos e todos os relacionamentos entre as tabelas são criados. Após a tarefa de codificação pelos desenvolvedores, são realizados testes de unidade para saber se existe algum problema no que foi implementado, em caso positivo, há um retorno para a atividade de codificação até que o problema seja solucionado.

Seguindo o fluxo, a equipe responsável pelo banco de dados realiza o planejamento de migração de dados. Nessa atividade, é realizado um mapeamento do banco de dados do sistema legado para o do sistema que está sendo desenvolvido.

Foram realizadas algumas alterações durante a fase de melhoria dos processos, onde a primeira concerne na reestruturação da execução das atividades. Assim, percebeu-se de acordo com a organização do cenário, o modo como as atividades estavam sendo executadas.

Outra melhoria encontra-se na atividade de Analisar e Projetar a Arquitetura do software. A arquitetura recebeu uma crescente atenção como uma subárea importante da Engenharia de Software. Segundo SHAW (2006), os especialistas pregam que uma boa arquitetura é um fator crítico de sucesso para o projeto e o desenvolvimento do sistema. O valor de fazer escolhas arquiteturais explícitas começou a ser reconhecido.

A construção de uma boa arquitetura oferece um “norte” para os desenvolvedores, apresentando os componentes e as dependências do sistema (SELBY, 2005). Esta representação fornece um guia de entendimento intelectual do sistema como um todo, permitindo aos projetistas raciocinar sobre a possibilidade do sistema satisfazer a determinadas exigências, e sugere um padrão para a construção do sistema e a sua composição. Por exemplo: as camadas de uma arquitetura tipicamente documentam as fronteiras da implementação, expondo os maiores componentes e suas interfaces, bem como suas principais restrições.

² Framework é uma abstração que une códigos comuns entre vários projetos de software provendo uma funcionalidade genérica.

Uma boa arquitetura pode permitir que um sistema satisfaça às exigências-chaves em áreas como: o desempenho, a confiabilidade, a portabilidade, a escalabilidade e a sua inter-operabilidade. Uma arquitetura projetada de forma errônea pode ser desastrosa, por outro lado uma arquitetura bem projetada permite gerar um produto mais robusto, que prevê a possibilidade de mudanças táticas, agilidade no processo de manutenção dos sistemas e soluções desenvolvidas ao longo do tempo (BUSCHMANN; KEVLIN, 2007).

O sistema está sendo construído incrementalmente através de vários mini-projetos que se repetem (iterações). O objetivo da arquitetura tem papel central, planejado com foco na eliminação de riscos e aumentando a previsibilidade. Outro ponto de mudanças diz respeito à forma como esse sistema lida com mudanças e com a arquitetura melhor definida para o atendimento do problema: o sistema é integrado continuamente e progressivamente, os riscos são atacados mais cedo, permitindo aprendizado e melhoria contínua do processo, aumentando o reuso, e diminuindo os impactos na hora de algum *refactoring* no sistema (GILL, 2003).

A prova de conceitos é uma tarefa que tem como objetivo comparar tecnologias afins para o analista decidir qual a que melhor se enquadra para uma determinada situação (HASSOUN; COUNSELL, 2006).

A definição da arquitetura na Fábrica de Software foi realizada após uma prova de conceitos, na qual duas ou três tecnologias foram testadas para que a equipe técnica do projeto e os representantes técnicos do cliente decidissem qual seria a arquitetura e as tecnologias de frameworks a serem utilizadas no projeto a ser executado.

Outra melhoria, não menos importante, foi a definição de padrões para documentação de casos de uso, regras de negócio, documento de codificação, documento de padrão de interface e das nomenclaturas das tabelas e atributos do banco de dados.

A importância de padrões de documentos implica na diminuição de custo manutenção dos sistemas, coesão dos dados e consistência nas informações fornecidas, eliminação de suposições por membros das equipes de como proceder na criação de objetos de bancos de dados, estímulo à reutilização dos objetos e admitir revisões e atualizações com menor impacto possível. O objetivo da padronização é garantir uniformidade e manutenibilidade dos objetos a serem construídos e disponibilizados, além do grau de qualidade do produto desenvolvido (CAULDWELL, 2008).

A definição na nomenclatura das tabelas e atributos é realizada para facilitar o entendimento, visto que o sistema é dividido em módulos funcionais, e sendo assim as tabelas fazem indicação a cada módulo do sistema, eliminando todas as inconsistências como, por exemplo, o nome da tabela do banco de dados é composto pelo nome do módulo funcional, abreviado em duas letras, seguido de um underline e o nome da tabela. É importante mencionar que este padrão foi definido com base em uma cultura de usabilidade já praticada pela equipe técnica do cliente.

Durante a definição do processo de PCP atual, procurou-se realizar uma comparação com o modelo de processo antigo para verificar qual a evolução do novo processo. A Tabela 1 permite uma análise deste atendimento, caracterizando o início da implementação do programa da qualidade dos processos organizacionais na Fábrica de Software.

Tabela 1 –Comparativo do processo inicial e atual de PCP da Fábrica de Software

| Atividades do Processo | Forma de Execução no Processo Inicial | Forma de Execução no Processo Atual | Comentários da Forma de Execução |
|------------------------------------|--|--|--|
| Analisar e Projetar Casos de Uso | A atividade era iniciada mesmo que os requisitos não estivessem prontos | Esta etapa é realizada após a aprovação dos requisitos com o cliente | A diferença entre o processo novo e o antigo é que no novo, o requisito só começa a ser desenvolvido depois de ser aprovado pelo cliente. Qualquer mudança de requisito é avaliada para saber o impacto e alocado em uma atividade posterior de acordo com o cronograma. |
| Analisar e Projetar Arquitetura | Após a geração do documento de requisito era definido a tecnologia sem um estudo prévio. | As atividades de prova de conceito são realizadas para definir qual tecnologia será utilizada. | No processo antigo existiram alguns impactos no cronograma relacionados com a escolha das tecnologias. Como suporte para seleção de tecnologias ao projeto, foi adicionado ao processo a atividade da prova de conceito. Esta atividade trouxe como benefício a redução de riscos do não cumprimento do cronograma . |
| Projetar Banco de Dados | Tabelas criadas com nomes sem padronização. | Tabelas, atributos, e chaves estrangeiras e primarias são criadas utilizando um padrão | O ganho da padronização, é que ocorre a diminuição nas dúvidas de entendimento do modelo do banco de dados, entre a equipe de desenvolvimento. |
| Estruturar Modelo de Implementação | Não existia um documento contendo uma padronização do código. | Documento contendo uma padronização de implementação. | O benefício do documento de padronização é que a manutenção do sistema poderia ser feita com poucos problemas de entendimento da codificação. |
| Realizar Testes de Unidade | Não realização de testes de unidade | Realização do teste de unidade | Com a realização do teste de unidade, houve uma redução de defeitos no sistema , já que os erros eram detectados no tempo do desenvolvimento e logo corrigidos. |

5 FERRAMENTAS DE APOIO

Nesta seção serão apresentadas e discutidas as ferramentas que apóiam o processo. A maioria das ferramentas escolhidas é gratuita. Esta decisão foi tomada pelo cliente com o objetivo da redução de custos. Algumas ferramentas foram previamente adquiridas pelo cliente, como o Sistema Operacional e o Banco de dados. Como forma de melhorar o entendimento da execução das atividades constantes no processo descrito na Seção 4, serão apresentadas as ferramentas, bem como o apoio que elas provêem:

Analisar e Projetar Casos de Uso: Esta atividade tem o seu início após a liberação das Regras de Negócio. O Analista inicia a elaboração dos casos de uso, detalhando o passo a passo, fazendo as devidas referências para documentos relacionados, como por exemplo, documento de regra de negócio. Para esta atividade, optou-se por usar a ferramenta Jude (<http://jude.change-vision.com/>), que é gratuita e provê apoio à modelagem dos principais diagramas da UML, bem como a integração destes diagramas para apoio ao projeto de casos de uso. Os diagramas usados para este fim permeiam a definição de classes, sequências de objetos, fluxos de atividades e, quando necessário, estados dos objetos a serem instanciados.

Como alternativa para a ferramenta Jude, existem as ferramentas Rational Rose (www.ibm.com/software/rational/) e Visual Paradigm (www.visual-paradigm.com) que servem para modelagem de diagramas da UML. Ambas as ferramentas estariam em conformidade com o processo.

Analisar e Projetar Arquitetura: Esta atividade também realiza a criação de diagramas da UML, como por exemplo, diagramas de componentes, diagrama de comunicação, diagrama de classe e diagrama de implantação. Por possuir o procedimento de construção semelhante à atividade de Analisar e Projetar Caso de Uso foi escolhida também a ferramenta Jude pelos mesmos motivos apresentados na atividade acima descrito.

Posteriormente a equipe atualiza o documento do plano arquitetural através de um editor de texto Broffice. Esta suíte de escritório é gratuita e é mantida pela comunidade de software livre. A suíte Broffice possui compatibilidade com o Microsoft Office (suíte utilizada pelo cliente) o que facilita a interação entre o fornecedor e o cliente. Ambas as suítes atendem as atividades do processo, porém a escolha do Broffice foi motivada por custo. A equipe de arquitetos do projeto utilizam a IDE Eclipse (www.eclipse.org/) para implementar a Arquitetura do Sistema projetada. Além da ferramenta Eclipse também existe no mercado a IDE Netbeans (www.netbeans.org) que é mantida pela SUN e JDeveloper (www.oracle.com/technology/products/jdev/index.html) que é mantida pela empresa IBM. Ambas estão em conformidade com o processo. A opção da escolha do Eclipse foi baseada na experiência da equipe.

Projetar Banco de Dados: Nesta atividade a equipe de banco de dados tem o objetivo de realizar o projeto e modelagem do banco de dados. As ferramentas ERwin Data Modeler (www.ca.com/us/data-modeling.aspx), Rational Rose Enterprise e Sparx Enterprise Architect (www.sparxsystems.com) podem ser utilizadas nesta fase para realizar o projeto do banco de dados através da modelagem do diagrama de entidade e relacionamento. A escolha da equipe pela ferramenta ERWIN foi pela integração com o banco de dados Oracle, além de gerar scripts no formato definido pelo analista de

banco de dados e possuir uma interface com boa inteligibilidade e apreensibilidade (SOFTEX, 2009).

Estruturar Modelo de Implementação: Para esta atividade a equipe de arquitetos utiliza a suíte de escritório Broffice. O motivo da escolha desta suíte está descrita na atividade de Analisar e Projetar Arquitetura. A equipe de arquitetos gera o documento chamado de modelo de implementação, que tem como objetivo descrever toda a arquitetura do sistema e as boas práticas de programação, a serem adotadas pelos engenheiros de software.

Implementar Banco de Dados: Após a fase de modelagem e planejamento do banco de dados, a equipe de banco de dados utiliza o script gerado pela ferramenta Erwin Data Modeler para criação e atualização do modelo do banco de dados. Para execução de scripts de criação e atualização é utilizada a ferramenta SQL Plus 10 que é mantida pela Oracle. O motivo pela escolha desta ferramenta foi a interface que apresenta uma boa apreensibilidade (SOFTEX, 2009) e pelo cliente possuir licença de uso. Como alternativas, existem: o SQL Developer (www.oracle.com/technology/tech/sql_plus/), ferramenta mantida também pela Oracle; e PL SQL Developer (www.oracle.com/technology/products/database/) mantida pela empresa AllRoundAutomations. Com ambas é possível realizar a execução de scripts de banco de dados.

Planejar Migração de Dados: A equipe responsável pela migração recebe os documentos de Requisitos e Caso de Uso para então iniciar o planejamento da migração do Banco de Dados. Os dados migrados são oriundos do sistema existente. A ferramenta utilizada para esta atividade é o ERwin Data Modeler. O modelo do banco de dados criado anteriormente pela equipe responsável pela análise do Banco de Dados foi utilizado. A equipe responsável pela migração faz um mapeamento das tabelas do sistema atual, para o sistema que está sendo construído, observando os tipos de dados, tamanhos e outras características que possam gerar algum problema nesta fase. As ferramentas alternativas são as mesmas do planejamento do banco de dados.

Codificar Requisito Funcional: A equipe de engenheiros de software é responsável pela codificação. Esta equipe recebe os seguintes documentos: Regras de Negócio, Caso de Uso, Modelo de Implementação, Documento de Arquitetura e modelagem do Banco de Dados. Após o entendimento dos documentos é iniciada a codificação. A ferramenta utilizada pelos desenvolvedores é a Eclipse, como citado anteriormente, porém poderia ser utilizado Netbeans ou JDeveloper. Todas as três ferramentas são aderentes ao processo. A escolha do Eclipse deu-se pela experiência da equipe, assim como a aplicação desta ferramenta em projetos anteriores, gerando um aumento de produtividade no desenvolvimento destes projetos quando da implementação de unidades de código de fonte.

Outra ferramenta que contribuiu para o ganho de produtividade foi o Maven (<http://maven.apache.org/>). Essa ferramenta tem um ponto de contribuição muito importante para o processo, além de realizar as dependências de bibliotecas para o projeto. É responsável, ainda, pela geração de build da aplicação e também pode realizar testes de unidades em toda aplicação.

Realizar Testes de Unidade: Para realização desta atividade os engenheiros de software testam o que foi construído através de Testes de Unidades. Para executar esta tarefa a ferramenta Eclipse é utilizada adicionalmente com um o JUnit, para a realização

de testes no sistema. A escolha pelo JUnit foi devido a integração com o Eclipse e por sua simples maneira de utilização. Como alternativa pode-se utilizar o TestNG (www.testng.org/). A ferramenta SQL Developer é utilizada para verificar se as operações feitas pelos testes de unidades são executadas corretamente.

Migrar Banco de Dados: Nesta atividade a equipe de banco de dados utiliza a ferramenta Open Talend Studio (www.talend.com). Esta ferramenta possui uma interface gráfica intuitiva que facilita a execução da tarefa e também possui compatibilidade com o SGBD Oracle. Como alternativa é possível utilizar a ferramenta Pentaho Data Integration Kettle (www.kettle.pentaho.org).

6 RESULTADOS OBTIDOS DO PROCESSO ATUAL

Os resultados foram obtidos através de questionários e entrevistas, coletados na equipe de desenvolvimento, a cada 20 dias, período este estipulado como o tempo médio de finalização de cada módulo, contemplando todas as fases de desenvolvimento presentes no processo de software. A coleta dos dados era realizada da seguinte forma: todos os colaboradores participavam do questionário; as entrevistas eram feitas pelos gerentes de cada área, sendo a seleção das entrevistas feitas por amostragem de colaboradores.

Os resultados destes trabalhos eram armazenados em um repositório de dados, disponíveis para a gerência. Após análise, eram divulgados relatórios mensais sobre a produtividade, satisfação dos colaboradores e os pontos fortes e fracos do novo processo. Os seguintes resultados foram verificados:

- **Unificação dos Processos:** teve como benefício para a Fábrica de Software, a redução de até 61% de re-trabalho das tarefas, gerando menos impacto. O motivo da redução foi que os requisitos só eram liberados após a aprovação do cliente, isso não ocorria no processo antigo. Caso houvesse alguma alteração, posteriormente o esforço para este atendimento era alocado no cronograma;
- **Utilização de Camadas na Arquitetura:** a utilização de camadas oferece suporte à flexibilidade e portabilidade, o que resulta em uma manutenção até 82% menos trabalhosa, considerando-se o tempo estipulado para execução da tarefa e o prazo em que a mesma foi finalizada, segundo dados coletados com os engenheiros de software e arquitetos do projeto;
- **Utilização de Interfaces de Programação:** outro aspecto a destacar da arquitetura em camadas é o uso de interfaces padrões visando facilitar reuso e manutenção. Interfaces bem definidas encapsulam componentes (com funcionalidades definidas) já testados, prática que permite o reuso e também auxilia na manutenção, já que toda e qualquer alteração necessária estaria confinada a aquele componente;
- **Reuso:** a utilização da prática de reutilização pode ter uma redução no tempo de desenvolvimento em até 71%, de acordo com dados coletados. O motivo para a redução é que os métodos, funções e rotinas são codificados apenas uma vez e disponibilizados em um repositório para uso pelos membros da equipe de desenvolvimento, evitando assim códigos que realizam a mesma função em diferentes partes do sistema;

- **Prova de Conceito:** a utilização de uma prova de conceito dá suporte à escolha da tecnologia a ser utilizada. De acordo com a análise dos relatórios, esta prática reduz em até 82% o grau de incompatibilidade ou rejeição da tecnologia escolhida, em comparação ao processo antigo, onde esta tarefa não era realizada. A adoção da prova de conceito ao processo trouxe um ganho de produtividade, pois a prova de conceito diminui a possibilidade da utilização de uma tecnologia que não tenha permitido uma visão positiva sobre o seu potencial em um ambiente corporativo;
- **Padronização no Banco de Dados:** a padronização da nomenclatura melhorou o entendimento do banco de dados pela equipe de desenvolvimento. De acordo com os questionários e entrevistas, essa padronização foi responsável pela melhoria de até 64% no entendimento das tabelas e atributos, em relação ao modelo antigo. O motivo do melhor entendimento é que as tabelas ficaram mais organizadas e divididas por módulos funcionais, caracterizando o glossário de termos oriundos das regras de negócio com maior clareza. Outro ponto é a visão do cliente sobre o projeto. Através de pesquisas e entrevistas realizadas junto ao cliente foi possível observar que o tempo de desenvolvimento dos módulos foi reduzido em até 43% com o novo processo, levando em consideração o tempo estipulado no cronograma. O motivo da redução do tempo do desenvolvimento foi que, mesmo o projeto de arquitetura não sendo facilmente “visualizado” pelo usuário da aplicação, uma arquitetura mais consistente permite um desenvolvimento mais rápido, comparado com o processo anterior, além de não afetar os módulos já construídos. Como citado anteriormente, o sistema está sendo desenvolvido dentro das dependências físicas do cliente. Por sua vez, tanto os recursos humanos técnicos quanto os de negócio do cliente acompanham todo o processo de desenvolvimento, recebendo informações e tendo participação efetiva com a equipe de desenvolvedores, evidenciando a prática da transferência de tecnologia e conhecimento por parte da fábrica de software. Esta prática possibilita que o cliente torne-se apto a administrar o sistema após a finalização do projeto.
- **Aumento da produtividade:** o aumento da produtividade pode ser observado através da utilização de ferramentas que tornaram o processo de produção do software mais rápido, simples e objetivo. Um dos pontos positivos foi a utilização do mesmo ambiente de desenvolvimento, o Eclipse, com qual a maioria da equipe possuía experiência, sendo mais fácil o repasse de conhecimento para os demais colaboradores. Como resultado, o ganho de produtividade alcançou uma média de até 86% de produtividade na codificação. Esse percentual foi obtido através de relatórios gerenciais. Os dados desses relatórios eram coletados com uma periodicidade de 20 dias. Após a coleta era comparado o tempo estimado que estava no cronograma e o tempo real que a tarefa demandou para ser concluída;
- **Redução nos erros de codificação:** a ferramenta JUnit que é integrada ao Eclipse, foi escolhida com o propósito de auxiliar a equipe de testes, sendo possível a realização de testes de unidade antes do término da codificação e início dos testes pós-finalização. O resultado obtido foi uma redução em média de até 63% do número de erros, de acordo com o relatório de testes, uma vez que os problemas eram detectados em fase de codificação;

- **Redução de custos:** com a adoção das ferramentas livres, a gerência executiva divulgou em seu relatório de custo com aquisição de software uma economia de 82%, destinando uma parte dos custos orçados para o suporte técnico das ferramentas gratuitas. A maioria dos softwares proprietários citados é de propriedade do cliente. Outro fator foi o aumento da produtividade segundo o método de estimativa de tempo (a estimativa de tempo foi baseada em pontos de caso de uso que não estavam calibrados com a experiência e as habilidades dos recursos alocados para o projeto, não analisando o comprometimento no desenvolvimento dos casos de uso gerando como consequência não conformidades entre o prazo real estimado pela equipe e o prazo estimado), houve uma redução no custo do projeto devido o tempo para desenvolvimento ser menor ao estimado pela gerência do projeto;
- **Reutilização:** o uso da prática de reutilização pode ter uma redução no tempo de desenvolvimento em até 71%, de acordo com dados coletados. O motivo para a redução é que os métodos, funções e rotinas são codificados apenas uma vez e disponibilizados em um repositório para uso pelos membros da equipe de desenvolvimento, evitando assim códigos que realizam a mesma função em diferentes partes do sistema;
- **Adaptação de ferramentas de código aberto:** em algumas ferramentas, como o servidor de aplicação Jboss, foram realizadas alterações para melhorar o tempo de resposta da aplicação. Outro fator foi a contribuição no desenvolvimento e correção de falhas de frameworks de código-fonte abertos, onde foi possível realizar ajustes de acordo com a necessidade do projeto;
- **Resultados em relação ao Produto para Visão do Cliente:** o cliente passou a adotar algumas ferramentas livres, por exemplo, o Mantis (www.mantis.org) para o controle de demandas, com o objetivo da redução de custos, uma vez que essas ferramentas passaram a atender também suas demandas. Isto se tornou possível através da transferência de conhecimento por parte do fornecedor para a equipe técnica do cliente.

Este sistema está sendo desenvolvido dentro das dependências físicas do cliente. Por sua vez, tanto os recursos humanos técnicos quanto os de negócio do cliente acompanham o processo de desenvolvimento, recebendo informações e tendo participação ativa com a equipe de desenvolvimento, evidenciando a prática da transferência de conhecimento e de tecnologia por parte da fábrica de software. Esta prática permite que o cliente torne-se hábil a gerir o sistema após a conclusão do projeto.

Os pontos de melhorias citados foram os mais visíveis, porém as melhorias não se resumem a estas, podendo ser percebidas diferenças em vários outros contextos.

7 CONCLUSÃO

Com a evolução do processo de PCP software, bem como com a evolução do processo de desenvolvimento de software da fábrica, percebeu-se um ganho de produtividade da equipe alocada para o projeto, aumento de qualidade do produto e principalmente aumento da satisfação do cliente. Os motivos da satisfação devem-se: o cliente passou a acompanhar o andamento do projeto mais de perto; a transparência no

desenvolvimento do PCP, já que toda documentação é disponibilizada para o mesmo; assim como a participação da equipe técnica do cliente na tomada de decisão das soluções do projeto; e a realização contínua de treinamentos ao cliente nos *frameworks* e tecnologias utilizadas no PCP, por parte do fornecedor. Com o desenvolvimento interativo, a partir dos módulos funcionais, o cliente consegue homologar o sistema com maior detalhe o que garante maior precisão no atendimento das suas expectativas. Porém esse processo está passando por constantes atualizações de forma que possa gerar um produto com melhor qualidade.

Como trabalhos futuros, o processo de PCP necessita de algumas alterações para se tornar aderente às recomendações constantes em um programa de melhoria da qualidade organizacional. Um dos focos é o modelo MPS.BR (SOFTEX, 2009). Estas alterações ainda estão sendo diagnosticadas e em desenvolvimento para ser institucionalizada em forma de procedimentos a serem incorporados ao processo.

Este relato de experiência apresenta um passo na evolução de um processo de PCP, o qual se encontra em definição para compor os resultados dos estudos provenientes de uma dissertação de mestrado do PPGCC/UFPA – Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, e o primeiro de vários em busca da avaliação MPS.BR por parte da organização da qual este relato foi extraído.

REFERÊNCIAS

BUSCHMANN, F., Kevlin, D. S. H.: **Pattern-oriented software architecture: a pattern language for distributed computing** (Wiley Software Patterns Series. Publisher John Wiley & Sons 2007).

CAULDWELL, P. Code Leader: **Using people, tools, and processes to build successful software (programmer to programmer)**. Indianapolis. IN: Wiley Pub 2008.

COELHO, C.: **MAPS: um modelo de adaptação de processos de software**. Dissertação de Mestrado, Centro de Informática, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil 2003.

GILL, N. S. **Reusability issues in component-based development**. In: ACM SIGSOFT Software Engineering, Volume 28, Issue 4. New York, NY, July 2003.

HASSOUN, Y. S., Counsell, R. J. **Dynamic coupling metric: proof of concept** Journal of IEE Proceedings- Software (SPE) 152(6): 273-279, 2006.

MAIA, A., Freitas, A., Nunes, D. Um modelo para auxiliar a adaptação de processos de software. In: IV Congresso Brasileiro de Computação, 2004, Itajaí. **Anais do IV Congresso Brasileiro de Computação**. Itajaí: Univali, 2004. p.155-160

MÜNCH, J.: **Transformation-based creation of custom-tailored software process models**. Fraunhofer Institute for Experimental Software Engineering, 2004.

MUNSON, J. C., Allen, P. N., Joseph, S. S.: Software faults: a quantifiable definition. In: **Advances in Engineering Software**, v.37, n.5, p.327-333, 2006.

SELBY, R. W. Enabling reuse-based software development of large-scale systems. In: **IEEE Transactions on Software Engineering**, v.31, n.6, p.495-510, 2005.

SHAW, Mary, Clements, Paul: **The golden age of software architecture**: a comprehensive survey. Technical Report CMU-ISRI-06-101, Institute for Software Research International, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, 2006.

SOFTEX: **Associação para promoção da excelência do software brasileiro**: MPS.BR – Guia Geral, versão 1.3, 2009.

YOON, I. et al. **Tailoring and verifying software process**. Proceedings of the Eighth Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC'01). December, 2001. Macao, China, 2001, p. 202.

GERAÇÃO AUTOMÁTICA DE CÓDIGO COM BASE NO DIAGRAMA DE CLASSE DA UML

*Álvaro Luiz Panarra das Neves Câmara**
*Rômulo Silva Pinheiro***
*Paulo Roberto Bastos Almeida****

RESUMO

No presente artigo, utiliza-se uma ferramenta criada para a geração de código a partir do diagrama de classe da UML (*Unified Modeling Language*). A ferramenta foi utilizada em testes com alunos da Universidade da Amazônia (Unama) para avaliar o tempo médio na realização de algumas funcionalidades usuais entre projetos. O teste foi dividido em duas etapas, primeiramente foi aplicado um questionário para averiguar o tempo médio no desenvolvimento de algumas funcionalidades, já na segunda etapa os alunos utilizaram a ferramenta e desenvolveram as mesmas funcionalidades à qual foram questionados, onde foi constatado um real ganho de produtividade.

Palavras-chave: UML. Geração de Código. Diagrama de classe. FreeMaker. Netbeans.

AUTOMATIC CODE GENERATION BASED ON UML CLASS DIAGRAMS

ABSTRACT

In this article, a tool created to generate source code from UML class diagrams (Unified Modeling Language) is used. The tool was used in tests with students from the University of the Amazonia (Unama) to evaluate the average time to encode some unexceptional functionalities of ordinary projects. The test was developed in two stages. Firstly, a questionnaire was applied to verify the average time in the development of some features. In the second stage, the students used the tool and developed the same features they were questioned. A real productivity gain was found.

Keywords: UML. Code Generation. Class Diagram. Free Maker. Netbeans.

* Professor da Universidade da Amazônia UNAMA / CCET, Av. Alcindo Cacela, 287, CEP 66060-902, Belém (PA).
Email: camara.alvaro@gmail.com.

** Professor da Universidade da Amazônia UNAMA / CCET, Av. Alcindo Cacela, 287, CEP 66060-902, Belém (PA).
Email: romulo.s.pinheiro@gmail.com

*** Professor da Universidade da Amazônia UNAMA / CCET, Av. Alcindo Cacela, 287, CEP 66060-902, Belém (PA).
Email: prbalmeida@bol.com.br

1 INTRODUÇÃO

Os principais requisitos exigidos pelo mercado em relação às organizações desenvolvedoras de software são: qualidade, tempo e tecnologia utilizada. Esses requisitos são de responsabilidade do processo de desenvolvimento de software, sendo o mesmo dividido em etapas utilizando-se de diferentes metodologias de desenvolvimento e arquitetura como linguagem de programação, banco de dados e etc. Um dos aspectos abordados pelo processo de desenvolvimento de software e de suma importância para o mesmo é a codificação (DESCHAMPS et. al., 2005 p. 125).

Atualmente a linguagem UML (*Unified Modeling Language*) é muito utilizada pelos desenvolvedores, pois faz a documentação e a modelagem de software. Entre os treze tipos de diagramas da UML, o diagrama de classe se destaca por representar toda a estrutura e as relações entre as classes do projeto.

Em um projeto de desenvolvimento de software, um dos requisitos muito avaliados pela organização desenvolvedora é o tempo de projeto. A construção de código sem o uso de arquitetura, padronizações e boas práticas de programação é um agravante ao quesito tempo de projeto, pois influencia negativamente no entendimento do código entre os membros da equipe e dificulta a manutenção do software.

No decorrer de um projeto percebe-se uma grande quantidade de retrabalho na codificação de telas e funcionalidades do sistema. Visto que muitos sistemas desenvolvidos atualmente necessitam de funções comuns. Entre estas se pode verificar CRUD's (*Create, Retrieve, Update e Delete*), filtros, paginação e controle de permissões, entre outros.

A geração de código vem ganhando força nos últimos anos, pois tenta solucionar o problema do retrabalho e adicionar qualidade ao desenvolvimento do software através de uma arquitetura de software pré-definida, padronizações e boas práticas de programação.

Este artigo está organizado em sete seções: a seção 2 apresenta um estudo sobre geração de código e algumas técnicas utilizadas. A seção 3 mostra a linguagem UML (*Unified Modeling Language*) com ênfase no diagrama de classe. Na seção 4 é apresentada a plataforma de desenvolvimento e as tecnologias utilizadas neste artigo. A seção 5 apresentará os detalhes acerca da criação do script dos *templates*. Na seção 6 serão exibidos os resultados a partir das métricas aplicadas e, por fim, na seção 7 a conclusão do trabalho.

2 GERAÇÃO DE CÓDIGO

É de suma importância uma noção inicial sobre as técnicas de geração de código apresentadas nesta seção e suas principais características. Com o constante aumento da complexidade dos *frameworks*, tais como Java 2 *Enterprise Edition* (J2EE) e Microsoft's.NET o uso de ferramentas que possam auxiliar no desenvolvimento de software se torna cada vez mais importante. A geração de código é basicamente um software que gera outros programas (HERRIGTON, 2003).

As ferramentas para geração de código ou simplesmente geradores de código foram uma solução inicialmente projetadas para diminuir o retrabalho entre projetos de software.

Os geradores de código são ferramentas que a partir de um conjunto de instruções de entrada geram como saída um código fonte. No entanto, este processo pode ser realizado de várias formas que serão apresentadas a seguir.

2.1 BASEADO EM WIZARD

Muito conhecido como ferramenta *case*, este tipo de geração de código possui uma interface gráfica onde o usuário, através de vários formulários, desenvolve todo o seu sistema. Muitas vezes o usuário nem precisa ser um programador para desenvolver seus próprios sistemas, no entanto, este tipo de geração de código é bastante inflexível, sendo seu código bastante limitado (LUCAS, 2005).

2.2 BASEADO EM MODELO

Este tipo de geração de código é caracterizado pela entrada de informação em forma de diagrama. Os diagramas são a principal base de dados para a geração do código. Em consequência disto, o próprio processo de desenvolvimento acaba auxiliando na documentação do software, porém, o maior problema reside no fato de que o usuário acaba tendo que dominar algumas linguagens de marcação - linguagem onde é utilizado pseudo código para definir alguns conceitos - (LUCAS, 2005).

2.3 BASEADO EM TEMPLATE

Bem mais flexível do que o baseado em *wizard* e menos formal do que o baseado em modelo, neste tipo de geração de código recebe-se como entrada um conjunto de *templates*. O *template* é basicamente um conjunto de informações de texto corrido misturado com alguma linguagem de programação.

Quando se inicia o processo de geração de código o *template* é preenchido com as informações mais importantes a partir de alguma base de dados. Tais informações podem ser de várias formas e tipos como arquivos XML (*eXtensible Markup Language*) ou algum tipo de meta modelo (LUCAS, 2005).

2.4 MISTA

Quando se utiliza duas ou mais formas de geração de código ao mesmo tempo.

3 UML (UNIFIED MODELING LANGUAGE)

3.1 INTRODUÇÃO A UML

A UML surgiu da união de três metodologias de modelagem: o método de *BOOCH*, o método de OMT de *JACOBSON* e o método OOSE de *RUMBAUCH*. Esses métodos eram até a década de 90, as metodologias mais populares usadas para modelagem orientada a objetos entre os profissionais da área de desenvolvimento de software. (SAMPAIO; MARCUS 2004).

3.2 OBJETIVOS DA UML

A UML é um modelo de linguagem que ajuda a projetar um software, ou seja, a UML não cria um software, mas mostra formas de como fazê-lo, assim como mostra várias etapas de desenvolvimento de programas utilizando atores e casos de uso.

Uma quantidade significativa de desenvolvedores usa a UML para projetar sistemas permitindo com que eles visualizem, especifiquem e documentem os modelos de tal forma que o mesmo fique escalável.

A UML foi projetada para atender a alguns objetivos bastante específicos, para que possa verdadeiramente ser um padrão que resolve as necessidades práticas da comunidade de desenvolvimento de software.

Oferece aos desenvolvedores uma linguagem de modelagem expressiva, fácil e pronta para o uso no desenvolvimento e na troca de modelos significativos. Esta linguagem de modelagem pode também fornecer mecanismos de extensibilidade e especialização para estender os principais conceitos. (Pender, 2004)

3.3 IMPORTÂNCIA DA UML

É extremamente difícil desenvolver um software sem planejamento e projeto, haja vista que softwares que não são devidamente modelados, tendem a sofrer mais mudanças que o comum, e isso custa tempo e dinheiro para as empresas de desenvolvimento.

A UML é indispensável para aumentar a eficiência da comunicação entre os desenvolvedores de softwares e seus clientes, isso pode significar que haverá um padrão para a abstração da complexidade ou simplificação da realidade, ela auxilia no planejamento de funcionalidades, preservando os recursos da arquitetura. (Medeiros, 2004)

3.4 DIAGRAMAS UML

Um diagrama UML é um modelo de como será o sistema de uma determinada perspectiva, os diagramas UML estão divididos em duas formas: estruturais e comportamentais.

Os estruturais são o diagrama de classe, de objeto, de componentes, de implantação, de pacotes e o diagrama de estrutura. Os Comportamentais são os diagramas de casos de uso, de máquina de estados, de atividades e o diagrama de interação.

3.5 DIAGRAMA DE CLASSES

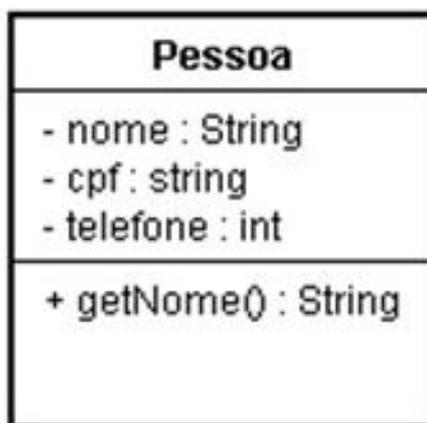
Este artigo apresentará como um dos diagramas estruturais. O diagrama de classes será utilizado para a geração de código. Os diagramas estruturais ilustram os recursos estáticos de um modelo. Os recursos estáticos incluem classes e associação, objetos e ligações e colaborações.

Os diagramas de classes são importantes porque definem os recursos essenciais de um sistema, também definem o relacionamento entre recursos, geram o código e

podem a partir de um software pronto, gerar seu diagrama (engenharia reversa). Esse tipo de diagrama modela os recursos usados para montar e operar o sistema. Os recursos representam pessoas, materiais, informações e comportamentos (FURLAN, 1998).

A figura 1 modela uma classe com três compartimentos predefinidos, encontrados em quase toda classe: nome, atributos e operações.

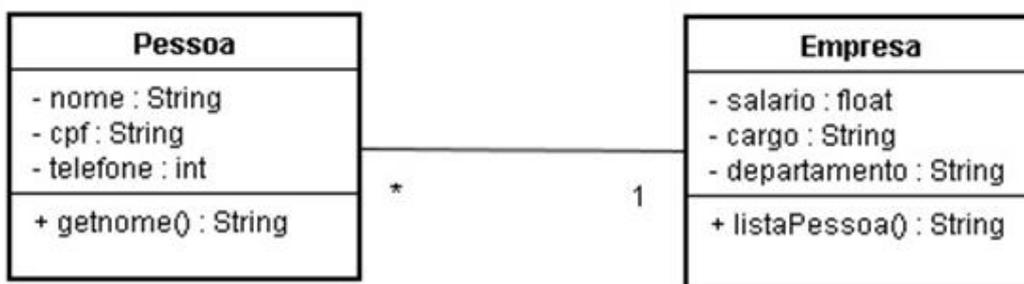
Figura 1 – Diagrama de Classe “Pessoa”



Quando um diagrama de classes é apresentado, o único compartimento que precisa estar visível é o do nome, que no exemplo acima é *Pessoa*, em geral a parte onde ficam os atributos e as operações nem sempre precisam ser exibidos.

O diagrama de classe modela recursos e relacionamentos entre estes. A figura 2 apresenta o modelo de duas classes e o relacionamento entre elas. No exemplo, a classe *Pessoa* se relaciona com a classe *Empresa* haja vista que essa associação permite que a classe *empresa* liste os funcionários que são da classe *Pessoa*.

Figura 2 – Relação entre as classes Pessoa e Empresa



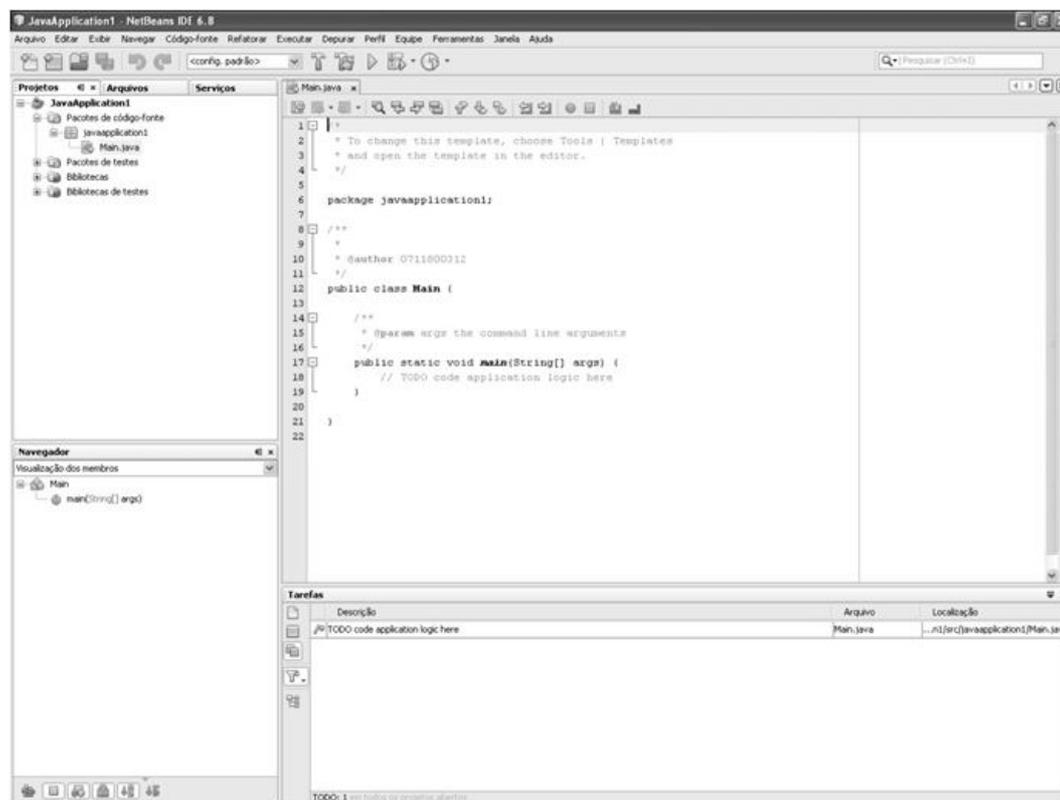
4 IDE (INTEGRATED DEVELOPMENT ENVIRONMENT) E TECNOLOGIAS UTILIZADAS

4.1 NETBEANS

O *NetBeans* IDE, representado na figura 3, é um premiado ambiente de desenvolvimento integrado disponível para Windows, Mac, Linux e Solaris. É um projeto *open source* que permite aos desenvolvedores criarem seus programas em diversas linguagens de programação (*Netbeans*).

Atualmente na versão 7.0 beta o *Netbeans* realiza suporte ao desenvolvimento de aplicativos *web*, empresariais, móveis e de área de trabalho utilizando a plataforma Java, Java fx, php, javascript e Ajax, Ruby e Ruby on Rails ,Groovy e Grails e C++(*Netbeans*).

Figura 3 – Ambiente de Desenvolvimento Netbeans



4.2 FREEMAKER

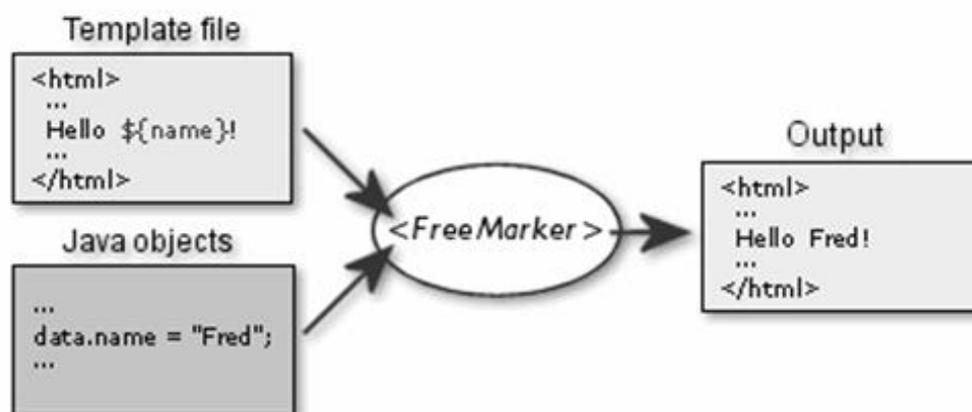
O *Freemaker* é um "template engine", uma ferramenta genérica que tem como saída de seu processamento, texto com base em modelos. Ele é um pacote Java, uma biblioteca de classes onde programadores podem incorporar em seus projetos (*FreeMaker*).

FreeMarker foi projetado para ser utilizado na geração de páginas Web em HTML, especialmente por aplicativos baseados em *servlet* seguindo o padrão MVC (*Model View Controller*). Embora o *FreeMaker* tenha alguns recursos de programação, ele não é uma linguagem de programação como o PHP (*Hypertext Pre-processor*). Em vez disso os programas em Java preparam os dados a serem exibidos e o *FreeMaker* apenas gera as páginas em formato texto.

Sendo o "*Template file*", mostrado na Figura 4 um arquivo de configuração onde se mistura texto corrido e a linguagem do *FreeMarker*, juntamente com o "*Java objects*" o modelos de dados que o programa em Java utilizará. Pode-se então realizar a geração de código, tendo como saída um texto escrito em uma linguagem, ou seja, um texto escrito em uma linguagem de programação previamente definida no "*Template file*" (*FreeMaker*).

O *FreeMaker* é um conjunto de classes *open source*, com certificação *OSI Certified*.

Figura 4 – Processo de geração de código utilizando o *FreeMaker*



5 SCRIPT DO TEMPLATE

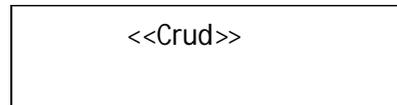
O processo de geração de código se dá através de:

- Definição de Estereótipos
- *Script do Template*

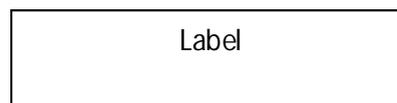
5.1 DEFINIÇÃO DE ESTEREÓTIPOS

A definição de estereótipos é importante para a geração de código, pois é através deles que os desenvolvedores podem informar para os *templates* o que deve ser realizado. Neste projeto foram definidos dois estereótipos de acordo com os quadros 1 e 2.

Quadro 1 – Estereótipo que define a chamada as templates.



Quadro 2 – Estereótipo definido para renomear os atributos.



São associadas em todos os estereótipos algumas rotinas a serem codificadas. O estereótipo do Quadro 1 só é utilizado em classes e é responsável por executar os *templates* já cadastrados. Já o do Quadro 2 só é utilizado em atributos de uma classe e é responsável por renomear o mesmo. A figura 4 demonstra o uso dos Estereótipos em uma classe.

Figura 5 – Utilizando os estereótipos.



5.2 TEMPLATE

Na etapa de confecção do *script* é necessário definir alguns conceitos básicos:

- O *script* deves ter a extensão '.ftl'.
- A principal forma de comunicação entre o *plugin* UML e o *Netbeans* será realizada através de um objeto definido no Quadro 3.

Quadro 3 – Criação do objeto

```

    ${modelElement}
```

5.2.1 Script's

Os *templates* desenvolvidos neste projeto visam gerar telas de cadastro, telas de alterar, listagem dos registros do banco de dados e criação das classes de entidade.

O Quadro 4 demonstra um pequeno trecho do *template* da tela de cadastro, onde pode-se verificar a montagem dinâmica dos campos de entrada (<h:inputText/>) e saída (<h:outputText/>) de dados a partir dos atributos criados na classe. O Quadro 5 exibe um trecho de código do *template* de listagem dos registros do banco de dados, onde é montada a tabela através da criação dinâmica das colunas (<h:column>).

Quadro 4 – Trecho de código da tela de cadastro.

```

<h:panelGrid columns="2">
    <#list modelElement.getAttributes() as campo >
        <h:outputText value="${campo.getName()} :"/>
        <h:inputText id="${campo.getName()}"
value="#${funcionariobean.funcionario.${campo.getName()}}"/>
    </#list>
</h:panelGrid>
```

Quadro 5 – Trecho de código da tela de listagem dos registros.

```

<#list modelElement.getAttributes() as campo >
    <h:column>
        <f:facet name="header">
            <h:outputText value="${campo.getName()}" />
        </f:facet>
        <h:outputText value="#${func.${campo.getName()}} " />
    </h:column>
```

O Quadro 6 exibe o *template* completo da criação das classes de entidade onde são gerados os atributos e seus respectivos métodos *set*'s e *get*'s.

Quadro 6 – Template da classe de entidade.

```

public class ${modelElement.getName()} {
//listando os atributos
<#list modelElement.getAttributes() as campo >
    <#if campo.getTaggedValueByName("Label")?? >
Private ${campo.getType()}
${campo.getTaggedValueByName("Label").getDataValue()} ;
    <#else>
private ${campo.getType()} ${campo.getName()} ;
    </#if>
</#list>

//Set's and Get's
<#list modelElement.getAttributes() as campo >
<#assign Tipo = "${campo.getType()}" >
    <#if campo.getTaggedValueByName("Label")?? >
<#assign NomeLabel = "${campo.getTaggedValueByName('Label').getDataValue()}"
>
    public void set${NomeLabel}(${Tipo} ${NomeLabel}) {
        this.${NomeLabel} = ${NomeLabel};
    }

    public ${Tipo} get${NomeLabel}() {
        return ${NomeLabel};
    }
    <#else>
    public void set${campo.getName()}(${Tipo} ${campo.getName()}) {
        this.${campo.getName()} = ${campo.getName()};
    }
    public ${Tipo} get${campo.getName()}() {
        return ${campo.getName()};
    }
    </#if>
</#list>
}

```

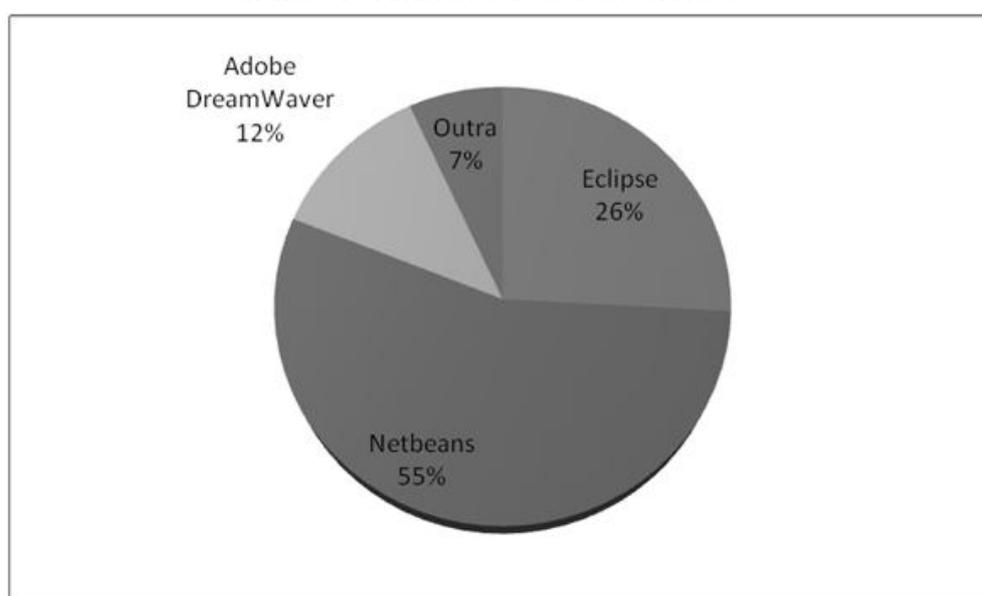
6 RESULTADO

Para avaliar o desempenho da ferramenta proposta por este artigo, foi elaborada uma pesquisa, aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade da Amazônia (UNAMA), na qual foram definidas as perguntas que seriam colocadas no questionário.

O questionário foi elaborado para avaliar o tempo médio que alguns programadores levam para criar funcionalidades comuns entre vários sistemas. O questionário foi respondido por 60 alunos do curso de ciência da computação regularmente matriculados na Universidade da Amazônia, tanto do sexo masculino quanto feminino. Foram priorizados os alunos de semestres mais avançados para a aplicação do questionário.

O Gráfico 1 apresenta o resultado da questão: qual o Ambiente de desenvolvimento que você mais utiliza?

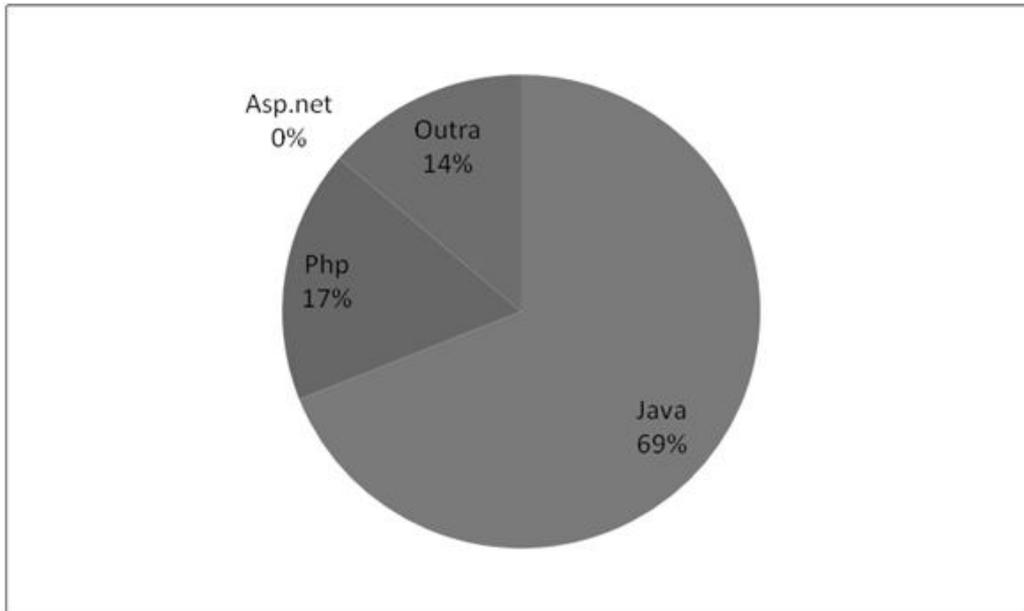
Gráfico 1 – Ambiente de desenvolvimento.



Já era de se esperar que o *Netbeans* e o *Eclipse* tivessem os maiores números de usuários, pois são justamente esses dois ambientes de desenvolvimento que a universidade mais utiliza para ensinar seus alunos.

O Gráfico 2 apresenta o resultado da questão: Qual a linguagem de programação para *Web* que você mais utiliza?

Gráfico 2 – Linguagem de programação mais utilizada.



Já havia uma expectativa que o Java fosse à linguagem de programação mais utilizada, visto que é a principal linguagem de programação utilizada pela universidade para ministrar suas aulas, entretanto, a grande surpresa foi o desempenho do *Asp.net* em obter 0% de usuários, pois é uma tecnologia tão difundida quando o próprio Java comercialmente.

Essa avaliação constatou que a IDE e tecnologia mais utilizada entre os alunos de ciência da computação, são *Netbeans* com 56% e a linguagem de programação Java com 70% de todos os entrevistados. Este resultado apresenta um fator facilitador para o uso da ferramenta proposta por este projeto, pois se utiliza a mesma IDE e linguagem de programação.

O Gráfico 3 apresenta o resultado para a questão: Qual o tempo médio que você leva para desenvolver uma tela de cadastro? O Gráfico 4 apresenta o resultado para a questão: Qual o tempo médio que você leva para listar todos os registros de uma base de dados? O Gráfico 5 apresenta o resultado para a questão: qual o tempo médio que você leva para criar os métodos de alterar e excluir dos registros listados?.

Essas três perguntas foram elaboradas para que no final fosse possível avaliar o tempo necessário para o desenvolvimento de um CRUD (**C**reate, **R**etrieve, **U**ppdate e **D**elete), funcionalidade essa bastante comum em vários sistemas.

Gráfico 3 – Representa o tempo utilizado no desenvolvimento de uma tela de cadastro.

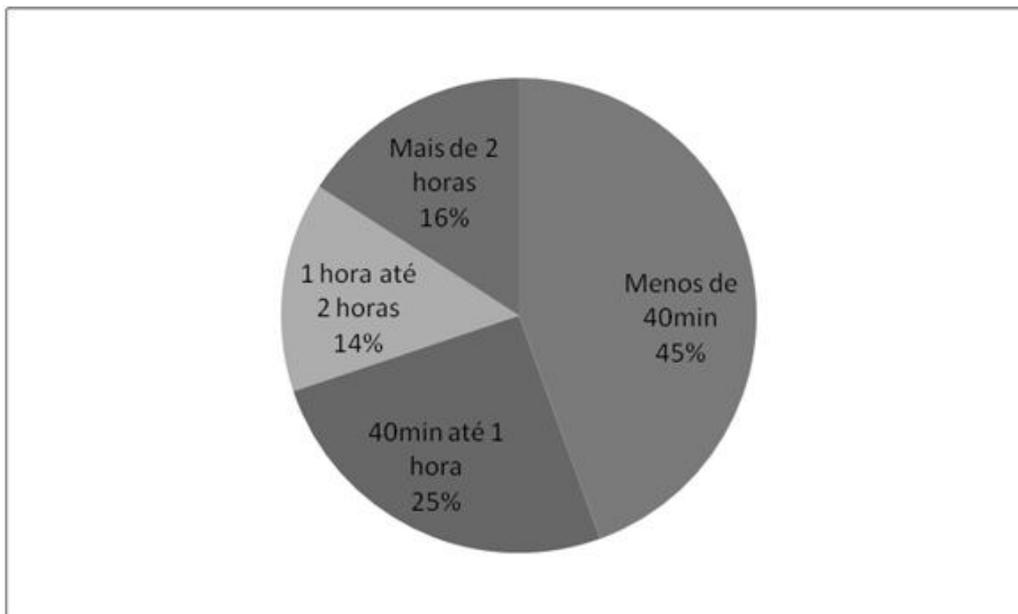


Gráfico 4 – Representa o tempo médio para listar os registros do banco de dados.

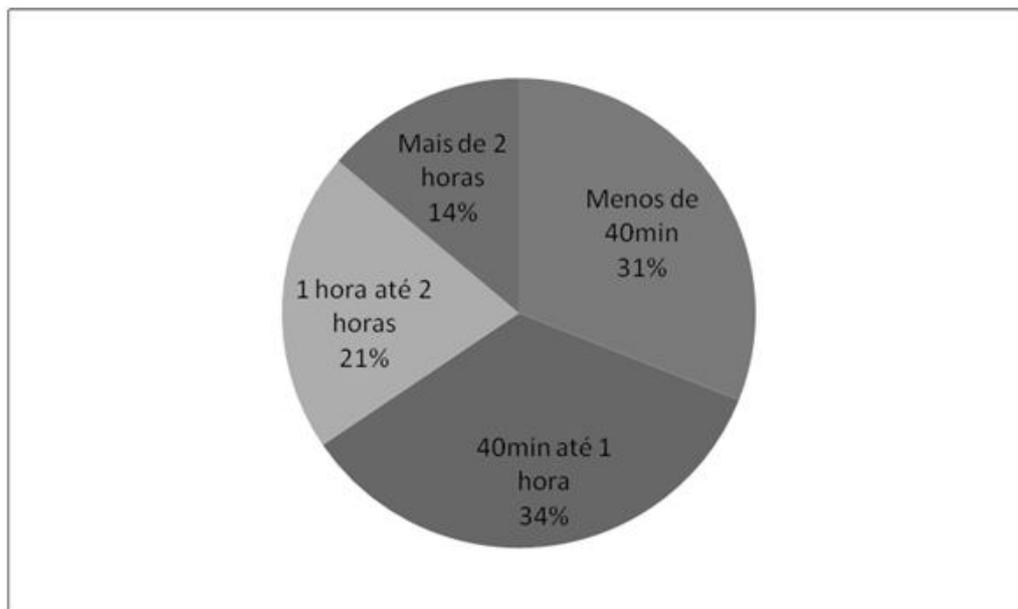
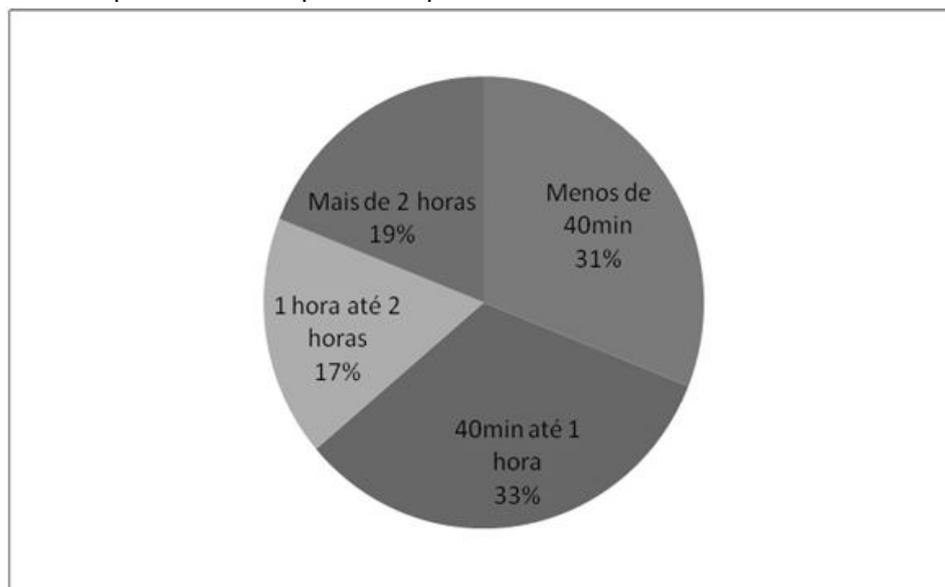


Gráfico 5 – Representa o tempo médio para a criação dos métodos de alterar e excluir.



Ao avaliar o tempo de desenvolvimento dos entrevistados chegou-se a conclusão que a média de tempo utilizada pelos participantes da pesquisa para o desenvolvimento do CRUD foi de 3,18 horas. Após o questionário da pesquisa foi aplicado um teste prático com a ferramenta proposta por este projeto, onde o participante desenvolvia as mesmas funcionalidades anteriormente perguntadas na pesquisa.

Com o uso da ferramenta os participantes obtiveram o tempo médio de 5 minutos para desenvolver as mesmas funcionalidades do questionário, entretanto, é necessário que seja considerado, o tempo gasto na criação dos *templates* inteligentes, que foi de aproximadamente de 2 horas e meia.

A programação sem o uso da geração de código pode levar a oscilações no tempo médio de desenvolvimento, principalmente pela aquisição de experiência e reutilização de código do profissional de programação, entretanto, o uso da geração de código demonstrada por este projeto nos mostra um ganho de 18,87% no tempo de desenvolvimento utilizando a geração de código. Essa porcentagem pode ser considerada ainda maior, visto que a partir do momento que os *templates* se encontram prontos, a reutilização do mesmo em outros projetos nos leva a um ganho de 97,48%, pois será necessário re-gerar o código anteriormente desenvolvido.

7 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos através da pesquisa demonstram a viabilidade da ferramenta, visto que mesmo com o tempo gasto para a criação dos *templates* inteligentes se obteve um ganho de 18,87% no tempo de desenvolvimento do código fonte, com perspectiva dessa porcentagem ser bem maior com a reutilização dos *templates*.

Como o *Netbeans* é uma das ferramentas mais utilizadas no mundo para o desenvolvimento de softwares e o constante crescimento da comunidade Java, a ferramenta proposta para a automação do código, mostra-se promissora para o uso comercial.

As organizações que desenvolvem softwares sempre almejam desenvolver seus projetos com segurança e praticidade. Em função dessa necessidade, o processo de geração automática de código é bastante pesquisado por várias empresas que visam reduzir custo e tempo no desenvolvimento de seus produtos. O crescente interesse das organizações em automatizar o desenvolvimento de código juntamente com o uso das boas práticas de programação e seguido de uma boa documentação de software, é almejado em uma única ferramenta, visto que em grandes empresas onde elas possuem vários sistemas e a reutilização de código acaba sendo inevitável quando se trata de funcionalidades comuns.

A ferramenta de geração de código criada acaba por eliminar o processo de repetição de funcionalidades, tendo em vista que essa ferramenta irá automatizar o ambiente de desenvolvimento e seus programadores evitaram problemas quando pensarem em fazer alguma manutenção no sistema.

REFERÊNCIAS

BOOCH, G.; RUMBAUGH, J.; JACOBSON, I. **UML: guia do usuário**. Rio de Janeiro: Campus, 2000. 472 p.

DESCHAMPS, Alexandre. **Ferramenta para geração de código a partir da especialização do diagrama de classes**. 2005. 108 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Sistemas de Informação) - Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2005.

FURLAN, José D. **Modelagem de objetos através da UML 1st ed.** M. Books, ed., 1998.

HERRINGTON, Jack. **Code generation in action**. Manning Publications Co. 2003, 32 p.

LUCAS, DIEGO. **QCodeGenerator: um gerador de código multilinguagem**. Rev. Latino-am.TI.v4, 2005.

MEDEIROS, E. **Desenvolvendo software com UML 2.0** B. Makron, ed., 2004.

PENDER, T. **UML a Bíblia 2nd ed.** E. Elsevier, C. Estúdio, & C. Editora, eds., 2004.

COSTA, MARCUS, S., 2005. UML. Disponível em: <<<http://www.dsc.ufcg.edu.br/~jacques/cursos/map/html/uml/motivacao/motivacao1.htm>>. Acesso em: 20 jan. 2011

FREEMARKER. **What is freeMarker?**, Disponível em: <<http://freemarker.sourceforge.net>>. Acesso em: 18 jan. 2011.

NETBEANS. **Informação da versão do NetBeans**. Disponível em: <http://netbeans.org/community/releases/69/index_pt_BR.html>. Acesso em: 18 jan. 2011.

**ORIENTAÇÃO EDITORIAL E NORMAS PARA PUBLICAÇÃO NA REVISTA TRAÇOS
DO CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DA AMAZÔNIA**

1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

- 1.1 A Revista **TRAÇOS**, do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, da Universidade da Amazônia - Unama, nos termos de seu regimento, aceita para publicação trabalhos inéditos de autores brasileiros e estrangeiros em forma de artigo científico, relativos às áreas da Arte, Computação e Informática, Engenharias, Matemática e áreas afins.
- 1.2 A publicação de artigos não é remunerada, sendo permitida a sua reprodução total ou parcial, desde que citada a fonte.
- 1.3 Os artigos assinados serão de responsabilidade exclusiva de seus autores, não refletindo, necessariamente, a opinião do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia e do Conselho Editorial da Revista **TRAÇOS**, órgãos colaboradores da edição da Revista, inclusive no que se referem às posições, conceitos e juízos emitidos.

2 DA SUBMISSÃO

- 2.1 Os trabalhos enviados serão submetidos ao Conselho Editorial da Revista **TRAÇOS**, que dispõe de plena autoridade para decidir sobre a conveniência de sua aceitação, podendo, inclusive, reapresentá-los aos autores com sugestões para que sejam feitas as alterações necessárias e/ou para que os adaptem às normas editoriais da revista.
- 2.2 envio espontâneo de qualquer colaboração implica automaticamente a cessão dos direitos autorais a Universidade da Amazônia.
- 2.3 A Revista **TRAÇOS** receberá trabalhos redigidos em português, espanhol e inglês, cabendo aos autores a inteira responsabilidade pelos textos e imagens enviados para publicação.
- 2.4 O trabalho deve conter no máximo 25 páginas, conforme formatação especificada no item 3 deste documento, incluindo ilustrações e referências.
- 2.5 O(s) autor(es) deve(m) enviar Carta, informando se o artigo está sendo submetido pela primeira vez ou sendo reapresentado, bem como Termo de Cessão de Direitos Autorais.

3 NORMAS PARA APRESENTAÇÃO DOS TRABALHOS

- 3.1 O trabalho deve conter no máximo 25 páginas, conforme formatação a seguir, incluindo ilustrações e referências.
- 3.2 O trabalho deve ser elaborado segundo as normas vigentes da ABNT em *Word* para *Windows*; fonte Arial; tamanho 12; com espaço entre as linhas de 1,5 cm; os parágrafos devem iniciar a 2 cm da margem; tamanho do papel A4, com margem superior e esquerda de 3 cm e margem inferior e direita 2 cm.
- 3.3 O trabalho deve conter as seguintes seções.
 - a) Folha de rosto: Título em português ou espanhol e em inglês deve estar centralizado, em negrito, fonte Arial 14, todas as letras maiúsculas; Subtítulo em português ou espanhol e em inglês deve estar centralizado, em negrito, fonte Arial 12, todas as letras maiúsculas; Autor(es); e-mail do(s) autor(es) e vinculação institucional;
 - b) Resumo: Fonte Arial, tamanho 11, com espaço entre as linhas simples, de 9 a 12 linhas e digitado em parágrafo único;
 - c) Palavras-chave: Na linha imediatamente posterior ao Resumo, fonte Arial 10, cinco palavras no máximo e separadas entre si por ponto;
 - d) Abstract: Utilizar o mesmo formato do Resumo, preservando ao máximo o texto original e, caso o trabalho seja escrito em inglês, a versão deverá ser apresentada em português;
 - e) Key words: Utilizar o mesmo formato das Palavras chave, preservando ao máximo o texto original e, caso o trabalho seja escrito em inglês, a versão deverá ser apresentada em português;
 - f) Corpo de texto: Estruturado em termos de Introdução, Desenvolvimento e Conclusão;
 - g) Referências: De acordo com ABNT.
- 3.4 As ilustrações (fotografias, gráficos, quadro, tabelas, desenhos etc.) deverão ser apresentadas no corpo do texto e também em arquivo separado, com alta resolução para impressão de alta qualidade, em preto-e-branco e/ou diferentes tons de cinza e/ou hachuras.

4 SOBRE OS PROCEDIMENTOS DE ENVIO E ACEITE DE TRABALHOS

- 4.1 São aceitos para publicação apenas artigos inéditos, que não foram nem publicados e nem estejam no prelo para publicação.
- 4.2 Os trabalhos deverão ser enviados pelo e-mail revistatracos@unama.br ou encaminhados ao endereço indicado da Revista **TRAÇOS**, respeitando os seguintes prazos: até 31 de março para publicação no primeiro semestre e até 30 de setembro para publicação no segundo semestre.
- 4.3 É imprescindível o envio do Termo de Cessão de Direitos Autorais e de carta informando se o artigo está sendo encaminhado pela primeira vez ou sendo reapresentado à nossa secretaria junto com o trabalho.
- 4.4 As colaborações serão submetidas aos membros do Comitê Científico Interno e Científico Externo da revista ou a colaboradores *ad hoc* por eles indicados.
- 4.5 Se a matéria for aceita para publicação, a revista permite-se introduzir ajustes de formatação.
- 4.6 Trabalhos aprovados com restrições serão encaminhados para a reformulação por parte dos autores ou para que justifiquem caso considerem que as reformulações sugeridas seriam inadequadas. O Conselho Editorial se reserva o direito de recusar o trabalho caso não tenha havido alterações neles introduzidas que atendam às solicitações feitas pelos pareceristas, podendo recorrer, em caso de dúvidas, à avaliação de um novo parecerista.
- 4.7 O(s) autor(es) deve(m) ser comunicado(s) do recebimento da sua colaboração no prazo de até dez dias e do resultado da avaliação do seu trabalho em até sessenta dias após a data da primeira comunicação.
- 4.8 Os trabalhos que não cumprirem rigorosamente as normas de formatação serão imediatamente recusados. O(s) autor(es) serão notificados da recusa e, a critério do Conselho Editorial, poderá ser concedido um novo prazo para a entrega do trabalho devidamente corrigido.
- 4.9 No caso do trabalho não ser aceito para publicação pelo(s) parecerista(s), o autor será comunicado, não cabendo recurso.
- 4.10 Conselho Editorial se reserva o direito de não devolver o material que lhe foi enviado para análise.

5 DISPOSIÇÕES FINAIS

- 5.1 Serão fornecidas gratuitamente
- 5.2 Os casos omissos nesta norma serão deliberados pelo Conselho Editorial da Revista **TRAÇOS**.



EDUCAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA

www.unama.br

Campus Alcindo Cacela

Av. Alcindo Cacela, 287
66060-902 Belém Pará
Fone 91 4009 3000
Fax 91 3225 3909

Campus BR

Rod. BR-316, Km 3
67113-901 Ananindeua Pará
Fone 91 4009 9200
Fax 91 4009 9300

Campus Senador Lemos

Av. Senador Lemos, 2809
66120-901 Belém Pará
Fone 91 4009 7100
Fax 91 4009 7153

Campus Quintino

Trav. Quintino Bocaiúva,
66035-190 Belém Pará
Fone 91 4009-3344
Fax 91 4009 3349



