

6

CIENTEC

Revista de Ciência, Tecnologia e Humanidades do IFPE

CIENTEC • Revista de Ciência, Tecnologia e Humanidade do IFPE

n. 6, v. 1 • Agosto de 2014



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PERNAMBUCO

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco
Av. Prof Luiz Freire, 500 - Cidade Universitária - Recife/PE Fone: (81) 2125.1600 - www.ifpe.edu.br

ISSN 1984 -7300 versão impressa
ISSN 1984 - 9710 versão on-line

n. 6, v.1 • Agosto de 2014

CIENTEC

Revista de Ciência, Tecnologia e Humanidades do IFPE

Vol. 6, Número. 1 • Agosto 2014

Qualificada pela CAPES

Correspondências e solicitação de números avulsos deverão ser endereçadas a:
[All correspondences, subscriptions and claims for missing issues should be addressed to:]

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – IFPE
Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação (PROPESQ)
Revista de Ciência, Tecnologias e Humanidades (CIENTEC)
Av. Prof. Luiz Freire, 500 - Cidade Universitária
Recife/PE - CEP: 50740-540
Telefone: (81) 2125-1691
Email: cientec@reitoria.ifpe.edu.br

Cientec :Revista de Ciência,Tecnologia e Humanidades do IFPE /
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Pernambuco.
v.6, n.1(ago. 2014) – . Recife: IFPE, 2014.

il.: 24cm
Semestral
ISSN 1984-73009 (versão on-line)
ISSN 1984-9710 (versão impressa)

1. Educação Tecnológica 2. Educação 3.Ciência 4. Tecnologia.

CDD 371.3078

Catálogo na fonte elaborada pela Bibliotecária Maria do P. Socorro
Cavalcante-CRB4/ 1.666

Os artigos assinados são de responsabilidade exclusiva dos autores e não expressam, necessariamente,
a opinião do Conselho Editorial da revista ou do IFPE.

É vedada a reprodução total ou parcial dos artigos desta publicação.

Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco

CIENTEC

Revista de Ciência, Tecnologia e Humanidades do IFPE



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PERNAMBUCO

Vol. 6, Número. 1 • Agosto 2014

EXPEDIENTE

Presidente da República

Dilma Vana Rousseff

Ministro de Estado da Educação

Eduardo Paim

Secretário de Educação Profissional e Tecnológica

Aléssio Trindade

Reitora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco

Cláudia da Silva Santos

Pró-Reitora de Ensino

Edilene Rocha Guimarães

Pró-Reitora de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação

Anália Keila Rodrigues Ribeiro

Pró-Reitora de Extensão

Maria José Gonçalves de Melo

Pró-Reitora de Administração e Planejamento

Maria José Amaral Moraes

Pró-Reitor de Desenvolvimento Institucional

André Menezes da Silva

Diretor Geral do Campus Afogados da Ingazeira

Marcio Flávio Maciel Tenório Costa

Diretor Geral do Campus Barreiros

Jorge Nascimento de Carvalho

Diretor Geral do Campus Belo Jardim

Francisco das Chagas Lino Lopes

Diretor Geral do Campus Caruaru

George Alberto Gaudêncio de Melo

Diretor Geral do Campus Cabo de Santo Agostinho

Daniel Assunção

Diretor Geral do Campus Garanhuns

José Carlos de Sá Júnior

Diretora Geral do Campus Igarassu

Ana Regina Vieira

Diretor Geral do Campus Ipojuca

Enio Camilo de Lima

Diretor Geral do Campus Jaboatão

Iran José Oliveira da Silva

Diretora Geral do Campus Olinda

Velda Maria Martins

Diretor Geral do Campus Paulista

Clécio Gomes dos Santos

Diretor Geral do Campus Palmares

Marco Antônio Maciel

Diretor Geral do Campus Pesqueira

Mário Antônio Alves Monteiro

Diretor Geral do Campus Recife

Valbérico de Albuquerque Cardoso

Diretor Geral do Campus Vitória de Santo Antão

Sérgio Paulo Correia D' Oleron Barreto

Editor Chefe CIENTEC

Márcio Vilar França Lima

Avaliadores desta Edição

Adérito de Aquino Filho | UPE
Aline Brandão de Siqueira | IFPE
Alvaro Antonio Ochoa | IFPE
Ana Márcia Almeida | UFPE
Andrezza Carolina Oliveira | IFPE
Anibal Veras | ITEP
Anselmo Bezerra | IFPE
Cândida Beatriz Alves | IFB
Carlos Augusto Nascimento | UFPE
Carlos Eduardo de Menezes | IFPE
Carlos Eduardo Moreira | UNIABEU
Célia Ribeiro de Vansconcelos | IFPE
Eider Lúcio de Oliveira | IFG
Flávio Albuquerque Neto | IFPE
Henrique Monteiro da Hora | IFF
Jandson Ferreira da Silva | IFPE
José Severino Bento | IFPE
Livia Lima | IFPE
Luciete Bezerra | UFPE
Luiz Simão Staszczak | IFMS
Marilene Antunes | UFPE
Mercella Heráclio | IFPE
Michel Grunspan | IFRR
Nubia Frutuoso | IFPE
Pablo Batista Guimarães | IFPE
Raimundo Ricardo Matos | IFSC
Samuel Luna de Abreu | IFSC
Suianne Melo | FACEG/AESGA
Thales Ramon de Queiroz | IFPE
Thiago Affonso Viana | IFPE
Valquiria Farias | IFPE

APOIO TÉCNICO

Assessora de Comunicação do IFPE

Débora Duque

Revisão Ortográfica

Maria do Rosário de Fátima de Aguiar Sá B. dos Santos

Projeto Gráfico e Capa

Amanda Alcantara

Diagramação

Márcio Vilar França Lima

MENSAGEM DA REITORA

A Revista Cientec divulga a produção acadêmica e científica do Instituto Federal e constitui-se como um dos principais veículos que possibilitam a socialização desse conhecimento, ao permitir o acesso às pesquisas desenvolvidas pelos educadores e discentes. Ao mesmo tempo, visa estimular o diálogo com diferentes áreas do conhecimento, cujos temas propiciam a ampliação e a qualificação de nosso acervo. Com este periódico, alimentamos o debate constante como forma de incentivo a novas produções e à atuação em novos campos.

Esta publicação colabora na formação do pesquisador, do leitor crítico, proporcionando-lhes condições para a compreensão da realidade e construção de um mundo com inclusão, cidadania e inovação. Aqui, há reflexões e trabalhos que abrangem, desde o conto “O Alienista”, de Machado de Assis, numa perspectiva da loucura, do biopoder de Foucault, à aplicação da logística reversa na compostagem dos resíduos orgânicos em um Centro de Abastecimento e Logística de Pernambuco.

Encontraremos, ainda, o debate a respeito da automação da gestão da informação corporativa, a partir do registro diário de ocorrência em uma obra industrial. São XXX artigos, versando de maneira diversa para a compilação de uma unicidade promovida por nossos investigadores.

A Comissão Editorial da Revista, seus colaboradores, os conselheiros ad hoc e os articulistas entregam-nos uma produção caudalosa, evidenciando o amadurecimento da Pesquisa no IFPE. Essa robustez se expressa de forma quantitativa com o aumento em mais de 200% de nossas bolsas institucionais, dos 80 Grupos de Pesquisa e da participação em congressos internacionais e nacionais. O CONIC e sua interiorização mostram o engendramento da elaboração social e do destaque do momento histórico da Instituição.

A Pesquisa, articulada à Extensão e ao Ensino, possibilita avanços nos processos e nas práticas pedagógicas e permite desembocar nas comunidades, na sociedade de uma maneira em geral, o protagonismo do conhecimento e o empoderamento dessa dimensão na perspectiva da constituição de uma sociedade mais justa e igualitária.

Acompanhando essa produção, encontram-se disponíveis, em nosso portal, as edições anteriores do periódico, com acesso na íntegra a todos os textos já publicados. Convidamos-lhes, assim, à submissão de propostas, tendo em vista o fluxo contínuo de nossa Cientec e sua reconhecida relevância na comunidade acadêmica e científica nas diferentes áreas do conhecimento.

SUMÁRIO

O Polo de Confecções do Agreste Pernambucano: origem e transformações
Mariana Scussel Zanatta _____ 10

Aspectos do cotidiano da Penitenciária Juiz Plácido de Souza (Caruaru-PE) na década de 2000: garantia dos direitos dos presos e promoção da ressocialização

Flávio de Sá Cavalcanti de Albuquerque Neto, André Luiz Medeiros de Moraes Sobrinho, Antonio Faustino de Andrade Silva Júnior, José Lyndemberg do Nascimento, Sérgio Gabriel Lemos Silva _____ 24

Loucura, Biopolítica e Biopoder no Conto “O Alienista” de Machado de Assis

Aline Brandão de Siqueira, Sílvio Sérgio Oliveira Rodrigues e Valquíria F. Bezerra Barbosa _____ 34

Automação da Gestão da Informação Corporativa: Registro Diário de Ocorrência em uma Obra Industrial

Alvaro Antonio Ochoa Villa, Heber Cláudius Nunes Silva, Helder Henrique Diniz e Andres Dias _____ 42

Implementação da Análise Energética e Exergética em sistemas de refrigeração por compressão mecânica

Alvaro Antonio Ochoa Villa, Helder Henrique Diniz e Carlos Eduardo Vieira de Melo Cavalcanti _____ 58

Desenvolvimento de um modelo de síntese de tolerâncias dimensionais determinísticas considerando os afastamentos distintos

José Eduardo Ferreira de Oliveira e Noemia Gomes de Mattos de Mesquita _____ 74

Desenvolvimento de um programa computacional para seleção adequada do sistema de medição

Amadeus Julius Costa Xavier, José Eduardo Ferreira de Oliveira, Nelson Gonçalves da Silva, Eduardo José, Alécio de Oliveira, Helton Layon dos Santos _____85

A Aplicação da Logística Reversa na Compostagem dos Resíduos Orgânicos em um Centro de Abastecimento e Logística de Pernambuco – Brasil

Alvaro Antonio Ochoa Villa, Helder Henrique Diniz, Petrônio Silva e Alexandre Anacleto de Almeida _____104



O Polo de Confecções do Agreste Pernambucano: origem e transformações

The clothing center in the Southern Wild of Pernambuco: origins and transformation

Submetido em 13.03.14 | Aceito em 06.05.14 | Disponível on-line em 20.08.14



Mariana Scussel Zanatta

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – Campus Caruaru. Estrada do Alto do Moura, km 3,8. Distrito Industrial III – CEP: 55040-120 – Caruaru – PE | manazanatta@yahoo.com.br

RESUMO

As ideias apresentadas e discutidas neste artigo são os resultados parciais do Projeto de Pesquisa denominado “As dinâmicas da informalidade nas relações de trabalho no Polo de Confecções do Agreste pernambucano: a vivência dos trabalhadores em Caruaru”. Este texto é uma reflexão sobre os resultados da primeira parte desse projeto, correspondente à pesquisa bibliográfica. O objetivo é o de evidenciar as origens e as características do que hoje é denominado de Polo de Confecções do Agreste Pernambucano, visando a uma reflexão sobre os processos de modernização por que tem passado e quais as implicações desses processos em termos de ocorrência e representações do trabalho realizado em condições informais.

Palavras-chaves: polo de confecções, trabalho informal, mudanças no mundo do trabalho, processo de formalização, modernização.

ABSTRACT

The ideas presented and discussed in this article are the partial results of the research project called The dynamics of informality in labor relations in the clothing center in the Southern Wild of Pernambuco: the experience of workers in the city of Caruaru. This text is a reflection on the results of the first part of the project above, which corresponds to the literature researched. The aim is to highlight the origins and current characteristics of the clothing center in the Southern Wild of Pernambuco targeting a reflection on the processes of modernization that has happened in that area as well as the implications of these processes in terms of occurrence and representations of work in informal conditions.

Keywords: clothing center, informal work, changing in world of work, the process of formalization, modernization.

1. Introdução

A proposta deste artigo é apresentar as características e a origem do que hoje é denominado de Polo de Confecções do Agreste Pernambucano, visando a uma reflexão sobre os processos de modernização por que tem passado esse e quais as implicações desses processos em termos de ocorrência e representações do trabalho realizado em condições informais.

A conformação do Polo de Confecções vem despertando a atenção de pesquisadores de diversas áreas porque se trata de uma das

regiões mais dinâmica do país no que se refere ao crescimento econômico. Esse crescimento, intensificado a partir da década de 1990, vem acompanhado de uma crescente imbricação com a dinâmica capitalista e, evidentemente, de transformações nos modos de produzir e comercializar, que tendem a uma maior racionalização e modernização tanto das unidades produtivas como dos locais de comercialização. Essa imbricação com a dinâmica capitalista¹ salta aos olhos, uma vez que o Polo nasceu a partir da iniciativa de comerciantes individuais que buscaram formas

de sobrevivência em torno das feiras de confecção nos municípios de Caruaru, Toritama e Santa Cruz do Capibaribe.

A despeito desse movimento, que denominaremos de modernização, algumas características constituintes são conservadas, a exemplo da permanência de relações de trabalho informais tanto na produção como na comercialização. Analisando essas transformações, Vêras de Oliveira (2013) sugere algumas pistas para nos lançarmos na compreensão delas, destacando que uma possível leitura é pensar que as relações de trabalho que antes tinham o sentido de cooperação – e também exploração – do trabalho de base pessoal, familiar e “tradicional”, reconfiguraram-se com base no trabalho subcontratado, terceirizado, de base subalternizada e “moderna”.

As mudanças em questão remetem-nos a um processo de reconfiguração da história e da estrutura do Polo de Confecções que se concretiza por vários caminhos; um destes caminhos é o da formalização do empreendimento por meio das possibilidades de ampliação do negócio que se abrem após a regularização fiscal. Entretanto, mesmo sendo a formalização uma tendência crescente, Vêras de Oliveira (2011b) aponta que ainda são predominantes a precariedade e a informalidade nas condições de produção e trabalho.

Temos como pressuposto, para a discussão neste artigo, que as transformações no mundo do trabalho motivadas pelas reconfigurações do capitalismo, mudanças no cenário econômico, político, social e cultural, após os anos 1990, expressas pela ideia da globalização, também se fazem sentir na conformação que está nascendo no Polo e, ao apresentarmos os elementos que caracterizam a gênese do aglomerado produtivo de confecções, dialogando com as transformações recentes,

almejamos delinear essa relação e discutir acerca dos efeitos dessa influência nos modos de produzir, principalmente pela concepção de flexibilização do trabalho e das relações de trabalho que se tornaram tão em voga após a reestruturação produtiva.

2. Aspectos Metodológicos

As ideias apresentadas e discutidas neste artigo são os primeiros resultados do Projeto de Pesquisa denominado “As dinâmicas da informalidade nas relações de trabalho no Polo de Confecções do Agreste pernambucano: a vivência dos trabalhadores em Caruaru”, cadastrado na Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação do IFPE.

Inicialmente realizamos uma pesquisa bibliográfica visando ao resgate histórico a respeito da relação das três principais cidades produtoras de confecção; Santa Cruz do Capibaribe, Toritama e, em especial, a cidade de Caruaru, com a produção de confecções e com a feira da Sulanca. Também foram pesquisadas referências que nos apontassem as características atuais desse aglomerado produtivo. É este resultado, o do trabalho minucioso de revisão bibliográfica e de análise e discussão teórica, que será apresentado aqui.

Esta primeira etapa de pesquisa bibliográfica complementar-se-á pela discussão teórica e subjacente acerca da informalidade visando à interpretação conceitual e à verificação da ocorrência desse fenômeno no Polo de Confecções, mais especificamente na cidade de Caruaru. Embora este artigo esteja focando nos resultados da revisão bibliográfica, através da investigação dos aspectos históricos e atuais que caracterizam o Polo de Confecções, o projeto referido acima também prevê o levantamento de dados empíricos por meio de entrevistas semiestruturadas com trabalhadores

da produção de confeções em Caruaru. Até o presente momento, já foram realizadas 12 entrevistas e mais 12 estão previstas, entretanto discutir a análise empírica não é o foco deste artigo. Como o projeto se encontra em andamento, o desenho metodológico da pesquisa e as repercussões da discussão teórica vinculadas aos dados empíricos serão objeto de nova divulgação.

3. Resultados e Discussão

3.1 O Polo de Confeções do Agreste Pernambucano

Sobre a gênese do Polo de Confeções do Agreste Pernambucano, Juliana Nunes Pereira, em dissertação acerca da temática desenvolvida na Universidade Federal de Campina Grande², de forma resumida, contribui com as seguintes informações:

[...] surgiu na década de 60 quando a utilização das sobras de malha conhecidas como elancas, vindas das indústrias do Sul e Sudeste, proporcionava para os micro e pequenos empreendedores desta região, a produção de mercadorias de baixo custo que eram e, ainda são, vendidas a preço populares. A cada vez vem se aperfeiçoando mais, tornando os municípios de Caruaru, Toritama e Santa Cruz do Capibaribe, conhecidos nacionalmente, por produzirem vestuários em quantidade e, já com certa qualidade. Foi a partir daí que as feiras de ruas, antes conhecidas como feiras da sulanca e hoje reunidas em um imenso aglomerado produtivo e comercial conhecido como Polo de Confeções do Agreste Pernambucano, impulsionaram a economia do Estado de Pernambuco, direcionando a sua comercialização tanto para os mercados locais, regionais e nacionais e, até, internacional. (PEREIRA, 2011, p. 111)

Conforme Silva e Menezes (2011) e Vêras de Oliveira (2011b), no Polo de Confeções do Agreste, observa-se um mercado de trabalho precário e informal, ao mesmo tempo em que se verificam tentativas nos últimos anos de fazê-lo adequar-se aos novos padrões de produção estabelecidos pela organização dos processos de trabalho. Tal fato é consequência das grandes transformações ocorridas nos países capitalistas desenvolvidos, iniciadas na década de 1970, com a chamada reestruturação produtiva.

De acordo com Pereira Neto (2012), o Polo de Confeções do Agreste Pernambucano é a expressão usada para demarcar a aglomeração de pequenas e médias unidades de produção e comercialização de confeções de roupa em escala industrial de base familiar, cujas características marcantes recaem sobre o padrão simbiótico estabelecido entre informalidade e formalidade.

Objetivando descrever tanto a forma como o Polo de Confeções de Pernambuco foi gestado assim como vem estruturando-se na atualidade, Vêras de Oliveira destacou:

O Polo não foi senão o resultado da ação “espontânea”, “autônoma”, de homens e mulheres habitantes da região movidos pela necessidade de buscar alternativas às adversas condições de trabalho e de vida a que sempre estiveram submetidos. Com o seu desenvolvimento, no entanto, foi estabelecendo conexões com os mercados capitalistas (na venda de produtos, na compra de insumos, na busca de crédito, na demanda por serviços diversos etc.) e, conseqüentemente, com as dinâmicas de acumulação de capital, em suas diversas escalas de realização. Ao mesmo tempo, vem crescendo o envolvimento de instituições públicas e privadas, dotando o Polo de processos mais sofisticados de interações

internas e externas. (VÉRAS DE OLIVEIRA, 2011b, p. 31)

Véras de Oliveira (2011b) e Pereira Neto (2011) estão em sintonia quando destacam que as dinâmicas de produção de confecções no Polo foram adquirindo novos contornos e ganhando complexidade, o que contribuiu para que as relações estabelecidas chegassem à atual caracterização: combinar, contraditoriamente, práticas visivelmente informais com as atuais inovações técnicas, organizacionais e de infraestrutura. Isto é, podemos encontrar, hoje, nas relações de produção e de trabalho no Polo, “[...] evidências da incorporação e imbricação das estratégias de sobrevivência, na base do trabalho informal, com discursos e procedimentos empresariais [...]” (PEREIRA NETO, 2011, p. 140). Essa simbiose também compõe o cenário da produção de confecções na cidade de Caruaru, lócus de nossa pesquisa.

Caruaru é uma das três cidades que deram origem ao Polo de Confecções que começou, segundo Lira (2011), a integrar o eixo da produção de confecções, de forma efetiva e com uma produção intensificada, a partir da década de 1980. Criado em 1857, o município de Caruaru é considerado a capital do Agreste por ser o maior município fora da região metropolitana de Pernambuco. O município tem uma privilegiada localização geográfica que contribui para o dinamismo econômico, o que corrobora a ideia de Caruaru como um polo regional, imagem que se concretizou, sobretudo, por meio do comércio nas diversas feiras, sendo a de confecções, conhecida como Sulanca, a mais expressiva.

A feira de Caruaru, iniciada ainda na década de 1950, possui características peculiares, tais como a relação de complementaridade entre cidade e campo, proporcionada pela venda, na cidade, da produção familiar agrícola e também do artesanato produzido nos sítios. Ao longo do

tempo essas características foram sendo mantidas. Porém, houve algumas modificações, uma vez que vem se intensificando a produção de confecções nas áreas rurais. Segundo dados apresentados por Lira (2011), obtidos por meio de entrevistas com dirigentes do sindicato rural do município, 70% dos trabalhadores da área rural dedicam-se à produção de confecções. Conforme os depoimentos, “apenas nas áreas de brejo, que possuem terras mais agricultáveis, é que pessoas dedicam-se à produção agrícola” (LIRA, 2011, p. 116). A produção de confecções, já disseminada como uma atividade comum na área urbana chega a zona rural como uma estratégia de sobrevivência e impulsionada, sobretudo, pela necessidade de mão de obra.

Vale ressaltar que Sá (2012) também diagnosticou ter crescido, sobretudo nas últimas décadas, a “invasão” do processo produtivo da indústria da confecção na zona rural na forma de fábricas³ principalmente. Visto isso, pode-se afirmar que essa “invasão” é motivada pelo crescimento de micros, pequenas, médias e grandes indústrias de confecção que buscam mão de obra barata para garantir o baixo preço de seus produtos, um dos fatores do crescimento do Polo de Confecções. Tal fato deve-se, sobretudo, à tentativa de se garantir competitividade, uma vez que não é pela qualidade dos produtos que a maioria dos confeccionistas conquista sua clientela.

Com essas informações, é possível perceber que a confecção de roupas é uma atividade que se expande para além da área urbana, incentivada pela gigante estrutura de comercialização dessa produção nas cidades de Caruaru, Toritama e Santa Cruz do Capibaribe. Tal comercialização, não obstante o fato de ter-se desenvolvido, em grande parte, em função da produção de confecções, está associada à história e à constituição desses municípios, com destaque para a feira de Caruaru. Sá (2012) sublinha que

Caruaru é conhecida nacionalmente como a “cidade das feiras” e acrescenta

Não é a toa que muitas pessoas na cidade repetem com orgulho frases do tipo: “minha vida é a feira”. Muito mais do que o lugar onde se obtém o sustento econômico, a feira é um espaço de convívio social e de aprendizado cultural e prático, uma extensão da socialização familiar, principalmente no caso de muitos filhos de comerciantes-feirantes que ajudam os pais desde pequenos. É lá na “precariedade” e “informalidade” que se aprende na prática as lições da vida-trabalho, do cálculo econômico, que o destino nos negócios é assimilado como “vocaçao natural”, que se desenvolve a ambição da prosperidade econômica por meio dos negócios, visão de futuro neste sentido e mesmo o “sonho” de vislumbrar-se num futuro “melhor” (ou então projetar os filhos no sentido destes) (SÁ, 2012, p.349).

Apesar de o trabalho na feira ser executado, em sua grande maioria, em condições de informalidade, precariedade, com jornadas de trabalho expandidas, os sujeitos representam positivamente suas atividades profissionais. Algo semelhante ocorre com os trabalhadores envolvidos com a produção de confeções tanto nas atividades de confecção quanto de comercialização, como diagnosticam Silva e Menezes (2011) em estudo acerca do trabalho dos jovens no distrito de Pão de Açúcar, em Taquaritinga do Norte.

Como apontado pelas pesquisadoras,

No que diz respeito ao trabalho formal e regularizado, com direitos sociais garantidos, 52% dos jovens trabalham na informalidade, sem carteira assinada, e 47% estão com carteira de trabalho assinada. No entanto, a conquista dos direitos garantidos para o trabalhador não partiu de um mérito da organização da classe, mas da pressão

governamental para organização e formalização das empresas na região [...] muitos funcionários não queriam passar a trabalhar com um salário fixo, visto que o valor do pagamento tende a ser inferior ao do sistema por produção. [...]. Quanto ao grau de satisfação dos jovens, em relação ao trabalho com as confeções, 69% responderam que gostam da atividade realizada, embora 51% tenham respondido que têm vontade de mudar de trabalho. Aqui vale uma observação, o desejo de mudar de atividade não está relacionado para uma mudança de profissão, mas está ligado, fortemente, ao desejo de autonomia, ou seja, à vontade de montar seu próprio negócio tornando-se empresário (SILVA E MENEZES, 2011, p. 81).

Para fundamentar ainda mais essas constatações, Lima e Soares (2002) frisam que, no início, a maior preocupação estava na sobrevivência do próprio negócio. Com o passar de décadas, o mesmo foi se diversificando em milhares de empreendimentos. Nas cidades que deram origem ao Polo, a formalidade das relações de trabalho limitava-se a órgãos estatais, embora nem sempre fosse observada. Os trabalhadores envolvidos na produção local de confeções, oriundos da área rural, em sua maioria, nunca estiveram vinculados ao setor formal e, mesmo com o crescimento da produção local, a formalidade não se constituía em expectativa. Portanto, é consenso entre os pesquisadores que têm o Polo e suas dinâmicas como objeto de estudo que este se constitui em uma região sem nenhuma tradição de atividade industrial e, por isso mesmo, é um espaço social singular e uma experiência contrastante.

Junto a essas particularidades, podemos acrescentar a constatação de Cabral (2007, apud VÉRAS DE OLIVEIRA 2011b, p. 29) que chama atenção, na trajetória do Polo, para o papel que nela têm tido os “agentes individuais”

Visto isso, pode-se acrescentar que a constituição do Polo como um aglomerado de unidades produtivas para a indústria têxtil e sua inicial comercialização da produção nas feiras locais, que acabaram, a posteriori, tornando-se centros de referência em comercialização para além do Agreste Pernambucano, teve como importante elemento catalizador a ação do trabalhador informal.

A cidade de Caruaru, como já mencionado, pertence ao Polo de Confeções do

Agreste Pernambucano. Conforme recente estudo do SEBRAE, denominado “Estudo econômico do arranjo produtivo local de confeções do Agreste Pernambucano”, publicado em maio de 2013, o Polo de Confeções do Agreste tem como característica marcantes a organização das Unidades Produtivas em “empresas”, 57% do total, em 2012, e 43% de “empreendimentos complementares” ou “facções”⁵. Esses dados podem ser visualizados na tabela a seguir:

Tabela 1. Quantidade estimada de unidades produtivas segundo o tipo (empresas ou empreendimentos complementares) no Polo 10

Municípios	Unidades Produtivas		Empresas			Empreendimentos complementares		
	Número de unidades produtivas	% no total do polo	Número de empresas	% no total do Polo -10	% das empresas no total das unidades produtivas do município	Número de empreendimentos complementares	% no total do Polo -10	% dos empreendimentos complementares no total de unidades produtivas
Agrestina	299	1,6	129	1,2	43,1	170	2,1	56,9
Brejo da Madre de Deus	1.396	7,4	1.156	10,8	82,8	240	3,0	17,2
Caruaru	4.530	24,1	1.313	12,2	29,0	3.217	39,9	71,0
Cupira	135	0,7	80	0,7	59,3	55	0,7	40,7
Riacho das Almas	415	2,2	124	1,2	29,9	291	3,6	70,1
Santa Cruz do Capibaribe	7.169	38,1	5.722	53,3	79,8	1.447	18,0	20,2
Surubim	454	2,4	291	2,7	64,1	163	2,0	35,9
Taquaritinga do Norte	1.185	6,3	821	7,6	69,3	365	4,5	30,8
Toritama	2.818	15,0	962	9,0	34,1	1.856	23,0	65,9
Vertentes	401	2,1	146	1,4	36,4	256	3,2	63,8
Total	18.803	100,0	10.744	100,0	57,1	8.060	100,0	42,9

Fonte: SEBRAE (2013)

Como demonstrado, em Caruaru, foram identificadas 4.530 unidades produtivas. Desse total, 1.313 classificam-se como empresas e 3.217 como empreendimentos complementares (facções), o que, conforme o relatório, corresponde a 29% e 71% do total de unidades produtivas do município, respectivamente. Existem em torno de 18,8 mil empresas em todo o Polo de Confeccões, sendo apenas 19,49% dessas empresas formais.

Esses dados, quando esmiuçados, também revelam outra classificação importante: a dicotomia entre Unidades Produtivas formais e informais. As porcentagens referidas baseiam-se no total de Unidades Produtivas pesquisadas: 18.803 no Polo-10⁶. Viu-se que, embora a informalidade seja bem maior entre os empreendimentos complementares (93%) do que entre as empresas (66%), existe enorme quantidade de empresas informais (popularmente denominadas de fabricos⁷), assim como existem empreendimentos complementares formais. Isso demonstra o quão complexa e diversificada são as formas como as relações de trabalho são construídas, e como são diversas, também, as dinâmicas de reprodução dessas práticas, uma vez que o processo produtivo típico de uma peça de vestuário feita no Polo combina intervenções realizadas nas empresas e nos empreendimentos complementares.

O estudo desenvolvido pelo Sebrae (2013), por meio de uma análise quantitativa, vem corroborar aquilo que é afirmado há tempos tanto pelas próprias pessoas que fazem o Polo de Confeccões como pelos estudos acadêmicos de diversas áreas – tais como Geografia, Administração, Sociologia, Economia – de que este continua sendo o “território da informalidade”.

Sobre a grande incidência da informalidade, seja nas relações de trabalho,

seja na não legalização dos empreendimentos, e o reflexo disto para a relação entre o crescimento da produção de confeccões no Agreste e o desenvolvimento econômico da região, o Sebrae destaca que a própria alta informalidade é um dos principais fatores que impulsionaram o crescimento do Polo. A informalidade aliada à baixa qualificação dos trabalhadores – o que permite uma baixa remuneração da mão de obra – trazem vantagens competitivas temporárias, uma vez que “[...] até hoje, o Polo tem vivido e se expandido, em grande medida, porque paga pouco impostos e, menos ainda, direitos e obrigações trabalhistas. Tal situação já perdura por 30 ou 40 anos, mas, a longo prazo, é insustentável” (SEBRAE, 2013, p. 34).

Analisando o Polo-10, o estudo do Sebrae identificou que 80% das unidades produtivas são informais, considerando, para essa classificação, como formais os estabelecimentos que declararam possuir CNPJ. E, como sublinhado pelo próprio estudo, o problema maior reside no fato de que, nesses 20% identificados como formais, existem “[...] inúmeras possibilidades de as unidades produtivas obterem uma fachada de formalização, ao tempo em que continuam com o grosso de suas operações no que poderia ser chamado de informalidade formal” (SEBRAE, 2013, p.53). Ainda conforme o Sebrae, essa situação é possível por meio das seguintes estratégias:

Uma é o confeccionista regularizar, apenas, sua loja na cidade ou no centro comercial, passando a ter, em consequência, um número de CNPJ e as correspondentes inscrições nas fazendas estadual e municipal. A segunda possibilidade é a empresa industrial formal recorrer, para grande parte de suas

necessidades, à mão de obra (informal) das fábricas. (SEBRAE, 2013, p. 53)

Com relação às dinâmicas produtivas, o estudo do Sebrae estima que, das 18.803 unidades produtivas avaliadas para o Polo-10, cerca de 43% são constituídas por fábricas, onde se concentram também os maiores índices de informalidade. Desse número total, o maior percentual de fábricas está em Caruaru (40%), seguido por Santa Cruz do Capibaribe (18%) e Toritama (23%), conforme dados da Tabela 1. Como salientado anteriormente, chama atenção a forte presença de fábricas em Caruaru, onde 70% das unidades produtivas foram assim identificadas.

Esses dados refletem também os apontamentos de Lima (2011), de que existe uma composição hierárquica traduzida em subcontratações veladas sob relações contratuais (negociais e informais em grande medida) entre fábricas e fábricas, ou mesmo nas relações de trabalho no interior desses empreendimentos, o que vem definindo certas regularidades e padrões sociais. A grande presença do trabalho faccionado, fragmentado e subcontratado no setor de confecções não é iniciativa atual, muito pelo contrário, ele é constitutivo das atividades produtivas neste setor desde sua origem. A fragmentação das atividades é efetuada no processo de montagem das peças que não necessitam ser produzidas no mesmo local. Apontamos, portanto, que o setor de confecção possui peculiaridades na sua produção que, desde os primórdios, facilita o processo de parcialização das tarefas.

Com relação à dinâmica do trabalho, horários, renda, formas de pagamento, as pesquisas já realizadas apontam que a característica maior é a da total flexibilidade, isto é, os trabalhadores devem se adaptar para atender à demanda de produção. Em algumas

épocas do ano – como próximo ao carnaval, aos festejos juninos e aos meses que antecedem as comemorações natalinas e de fim de ano –, o ritmo de trabalho é muito mais intenso e os trabalhadores faccionistas estão entre os que mais sofrem com o aumento da produção, uma vez que desejam fidelizar as atividades com o fabrico ou fábrica à qual prestam serviço.

3.2 As transformações recentes no Polo de Confecções: modernização e formalização

O que hoje é conhecido como Polo de Confecções do Agreste Pernambucano iniciou concomitante ao processo de industrialização do Nordeste, a partir da década de 1950, o que foi um dos elementos de desenvolvimento do Estado de Pernambuco como um todo. Contudo, o surgimento do Polo não está atrelado a nenhuma das políticas de incentivos ao crescimento industrial do Nordeste, como as desenvolvidas pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) a partir da década de 1960, por exemplo, e nem esta inserida, inicialmente, numa lógica essencialmente capitalista.

Diversos pesquisadores (SILVA, 2009; VÉRAS DE OLIVEIRA, 2011b; HELENO, 2013, LIRA, 2011), ao olharem para o Polo, salientaram que a formação das atividades de produção de confecções desenvolveu-se sem a necessidade de grande aporte de capital, uma vez que as atividades de costura requeriam maquinários simples, como máquinas de costuras domésticas ou, como frisou Heleno (2013), reutilizando as já existentes – no caso do município de Toritama, em relação ao reaproveitamento do maquinário do setor calçadista. Ao iniciarem, todas as atividades tinham por base pequenas unidades de produção informais e a utilização do trabalho familiar. Entretanto, essa configuração não impediu que

esse aglomerado produtivo se convertesse em um dos mais importantes polos de confeções na região. É justamente essa conquista que torna a experiência do Polo algo singular e interessante objeto para a investigação científica.

Como já salientado, a constituição do Polo é associada às feiras livres da região Agreste as quais, por consequência, incentivaram o aglomerado produtivo-comercial de confeções. Enquanto em outras regiões do Brasil a industrialização estava sendo incentivada, sobretudo na região Sudeste, a partir de 1950, no Nordeste, a região do Agreste não estava incluída nos planos de intervenção “desenvolvimentistas” que iniciaram a partir do final dos anos 1960 nesta região do país, articuladas pela Sudene (VÉRAS DE OLIVEIRA, 2013). Contudo, embora o Estado não estivesse presente na formação do aglomerado produtivo, à medida que tanto a comercialização como a produção, o intercâmbio entre as cidades através das feiras e a comercialização entre os Estados da região Nordeste foram crescendo, cresceu também o interesse do poder público, mesmo que de forma bastante tímida, uma vez que o pontapé inicial do que hoje chamamos “processos de modernização” foi dado por investidores privados, já que não era significativa a parceria dos poderes públicos municipais.

Como destaca Lima (2011), a partir de Caruaru, o Sebrae volta-se, de forma efetiva, para as atividades produtivas e comerciais do Polo em 1990, e junto a essa intervenção, começam a ser introduzidas novas formas de conceituar os micros e pequenos empreendimentos, o que indica a necessidade de racionalização do processo produtivo e profissionalização da administração, assim como a necessidade de organização do mercado local e, de uma forma geral, a necessidade de formalização das atividades. Em consonância,

sugere Souza em etnografia realizada na cidade de Santa Cruz do Capibaribe, que a noção de informalidade é introduzida a partir dessas iniciativas.

Para os pequenos produtores e comerciantes a noção de “informalidade” é datada: começa a circular a partir do momento em que o SEBRAE em especial introduz a ideia da necessidade da “formalização” como parte fundamental do processo de “modernização” e dos caminhos do “empreendedorismo”. No entanto, muitos produtores permanecem desconfiados da necessidade de formalizar a produção, especialmente no que diz respeito à regularização das relações trabalhistas. Com as relações baseadas majoritariamente na confiança e no parentesco, as noções de “ajuda” são amplamente acionadas para se referir ao trabalho de parentes moradores ou não do domicílio em que funciona a produção, especialmente para os pequenos produtores. (SOUZA, 2012, p. 9)

Das três principais produtoras do Polo, Caruaru é a que tem mais presente a cultura do artesanato, destacada como um elemento primordial da identidade da cidade. O artesanato foi um dos produtos iniciais e constitutivos da Feira de Caruaru, para além da troca de produtos agrícolas, como já relatamos anteriormente. Atualmente, essa feira é considerada a maior ao ar livre do mundo e foi elevada pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) a patrimônio imaterial do Brasil. Além disso, Caruaru abriga, no Bairro Alto do Moura, o maior Centro de Artes Figurativas das Américas, colocando Pernambuco e o Brasil na rota internacional da arte figurativa. Esse bairro é formado, em sua maioria, por artesãos – hoje em dia mais de mil –, que transformam suas casas em ateliês os quais servem como espaço de trabalho e comercialização. Como é de costume, os

familiares envolvem-se nessa atividade, prestando algum tipo de ajuda ao trabalho do Mestre Artesão.

Retomando a apresentação dos elementos que consideramos como catalizadores do processo de modernização, apresentamos as observações de Heleno sobre a década de 1990 e a modernização do Polo:

Na década de 1990, o Polo se percebe imerso em um novo cenário, agora mais competitivo, pois a abertura comercial que ocorreu neste período no cenário nacional, além de inundar o mercado com produtos importados, também provocou um intenso processo de reestruturação produtiva, afetando significativamente vários segmentos industriais, inclusive o têxtil-confecção no contexto nacional. Neste panorama, embora este Polo não tenha experimentado o processo de reestruturação como as demais indústrias têxteis de outras regiões, neste começou a se investir em novas atividades que lhe viessem a conferir maior qualidade e competitividade, passando a associar à produção e à comercialização serviços diversos, como o de design, consultores em técnicas produtivas, marketing, entre outros [...]. (HELENO, 2013, p.140)

Os anos 2000 marcam o início das ações da iniciativa privada aliada ao poder municipal – em Caruaru, Santa Cruz do Capibaribe e Toritama – e investimentos em infraestrutura para dar suporte à crescente expansão das feiras locais, principal forma de comercialização da produção de confecções denominadas *sulanca*. Essas iniciativas ganharam corpo com a construção dos gigantes centros comerciais.

Conforme destaca Vêras de Oliveira, o primeiro grande centro foi inaugurado em Toritama, em 2001, e chamava-se “Parque das Feiras”, sendo a “gestão do parque [...] de responsabilidade da Associação dos Lojistas do

Parque das Feiras – ALPF” (VÉRAS DE OLIVEIRA, 2013, p. 9). O “Polo Comercial de Caruaru” foi inaugurado em 2004, em área deslocada da cidade, mas na principal via de acesso para as cidades de Toritama e Santa Cruz do Capibaribe, a BR 104. O “Polo”, como é popularmente conhecido em Caruaru, “[...] compreende uma área de 174 hectares, sendo 64 mil m² de área coberta e três mil vagas de estacionamento. Há 530 lojas destinadas aos produtos de confecção” (VÉRAS DE OLIVEIRA, 2013, p.10). Em Santa Cruz do Capibaribe, o Moda Center, inaugurado em 2006, tem 9.644 boxes e 707 lojas com uma área coberta de 120 mil m². Todos os centros comerciais dispõem de praça de alimentação e estacionamento que, no caso de Santa Cruz, comporta mais de 4.000 veículos, além de dormitórios.

A construção dos centros comerciais visou, entre outras coisas, a proporcionar aos visitantes a sensação de estarem fazendo compras em um local seguro, organizado e com ares de shopping center. Tinham também, é claro, o intuito de se tornarem para o Estado de Pernambuco e para o Brasil pontos de referência na compra dos mais variados tipos de confecção.

A preocupação dos grandes confeccionistas e de suas entidades representativas em distinguir entre o que chamam de “desordem” das Feiras da *sulanca* e a organização e segurança dos centros de comercialização que estavam sendo projetados pode ser identificada como uma das iniciativas de modernização que em 2002 ganhou reforço por meio da ação do Sindicato das Indústrias do Vestuário de Pernambuco (SINDIVEST) e do Sebrae com o “Projeto de Desenvolvimento do Polo de Confecções do Agreste”. Este teve forte intervenção da mídia local que junto com as associações empresariais objetivavam renomear o aglomerado, substituindo o termo produção de “*sulanca*” pela ideia de produção de “moda

pernambucana”. O objetivo foi de “[...] em combinação com um conjunto mais amplo de ações visando à modernização das atividades ali desenvolvidas, atuar também sobre a reelaboração de sua imagem, tanto para dentro quanto para fora” (VÉRAS DE OLIVEIRA, 2013, p.11).

A respeito dos processos de diferenciação entre os empreendimentos do Polo, seja na produção de confeccões, seja no beneficiamento, este último por meio do trabalho realizado pelas lavanderias industriais, constata-se que essa diferenciação vai desde a empresa de médio porte, com grau elevado de divisão técnica, até fábricas menores, fabricos e facções.

Para Vêras de Oliveira,

Na medida em que, de diversos modos, estabeleceram-se entre os primeiros empreendedores processo de diferenciação, começou a ser operado entre os mais bem sucedidos economicamente um crescente envolvimento com uma dinâmica de acumulação capitalista (VÉRAS DE OLIVEIRA, 2011b, p. 51).

Esse olhar justifica-se porque, ao longo do desenvolvimento das atividades produtivas e comerciais no Polo, a imbricação com a dinâmica capitalista torna-se mais visível, e o caminho da formalização dos empreendimentos é apenas uma das estratégias para garantir a possibilidade de expansão dos negócios por meio, por exemplo, do acesso ao crédito, a novos mercados, à possibilidade de participar de sindicatos e associações, a adquirir o Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica (CNPJ) e, conseqüentemente, à possibilidade de formalização dos contratos de trabalho. Entretanto, pelo que foi investigado até o momento, a formalização fiscal e das relações de trabalho continua sendo inexpressiva, o que tem nos instigando a pensar a respeito de suas causas.

4. Considerações Finais

Procuramos, no decorrer deste artigo, apresentar a trajetória de conformação do Polo de Confeccões do Agreste Pernambucano, destacando suas características atuais, objetivando entendê-las a partir de sua história.

O que é possível conjecturar, a partir desta análise, é que o Polo de Confeccões vem passando por importantes processos de mudanças que visam à imbricação com a dinâmica capitalista. Para comercializar a produção além dos “muros” das feiras da sulanca, os empreendedores precisam ter as condições mínimas, como possuir CNPJ, por exemplo. Contudo, o que nossa pesquisa bibliográfica e o trabalho de campo exploratório com confeccionistas nos apontam é que a formalização do negócio propicia o enraizamento de relações de trabalho informais, indo de encontro às expectativas de formalização das relações de trabalho. Observa-se que as relações de trabalho estão sendo resignificadas, uma vez que antes se davam em bases familiares e agora em bases informais. Opta-se pela subcontratação, recorrendo-se, na maioria das vezes, para a flexibilização da produção através do trabalho das facções, que são, conforme demonstrado ao longo do texto, em sua grande maioria, informais.

Visto isso, a forma peculiar como o Polo foi sendo constituído nos alerta para a impossibilidade de deixarmos de considerar que a forma como se adentra no “moderno” – como novos modos de gestão da administração e novas formas de organizar as dinâmicas do processo produtivo são implantadas – não pode ser homogênea, não se dá pelo simples encaixe de uma dada realidade a um paradigma produtivo.

Essas constatações – vinculadas à bibliografia e às observações em campo já realizadas – nos fazem atentar para o fato de que o cenário cultural da região onde está o

aglomerado produtivo não favorece para que os trabalhadores saibam a diferença entre trabalho formal e informal, ou então, para aqueles que têm conhecimento, queiram inserir-se em situações de trabalho mais formalizadas. Isso nos leva a inferir que a informalidade é aceita socialmente na região e nos dá os subsídios para começar a compreender como os trabalhadores representam suas atividades e como a informalidade, através das diversas formas de subcontratação, se reinventa.

Sugerimos a ideia de (re)invenção porque foi constatado que a modernização, a racionalização do processo produtivo e da administração dos empreendimentos não resultam, necessariamente, em abandono das antigas práticas, permitindo que a utilização da mão de obra familiar e domiciliar seja reutilizada e/ou readequada pelo paradigma da flexibilização das relações de trabalho.

É fato, portanto, que as dinâmicas atuais no Polo de Confeções estão permeadas por distanciamentos e aproximações junto ao grande capital, gerando formas organizativas que ainda estão mostrando os seus contornos. Sugerimos, por hora, que a sua trajetória gera repercussões nas formas como se dão os processos de formalização dos empreendimentos bem como nos padrões de relações de trabalho que se reconfiguram no local a partir da formalização. Este artigo não se configura como um fim, mas vem mostrar que as transformações que vem ocorrendo no Polo requerem um olhar atento, deixando-nos questões para estudo posterior.

5. Referências

BEZERRA, Elaine. O trabalho faccionado das mulheres do Cariri paraibano junto ao Polo de Confeções do agreste de Pernambuco. In: ARAÚJO, Angela Maria Carneiro; OLIVEIRA, Roberto Vêras de; (org.). Formas de trabalho no capitalismo atual: condição precária e

possibilidade de reinvenção. São Paulo: Annablume, 2011. p.87-110.

CACCIAMALI, Maria Cristina. Globalização e processo de informalidade. In: Economia e Sociedade. Campinas (SP), UNICAMP, IE, vol. 9, n.1 (14), pp. 153-174, dez. de 2000.

HELENO, Edilane do Amaral. Configurações do trabalho a domicílio nas confecções de roupas de jeans no município de Toritama – Pe. Tese de Doutorado, PPG em Sociologia, João Pessoa, 2013. 393

LIMA, Alexandre Santos. Empreendendo a sulanca: o Sebrae e o Polo de Confeções do Agreste Pernambucano. [Dissertação de Mestrado]. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2011. 104f

LIMA, Jacob; SOARES, Maria. Trabalho flexível e o novo informal. In: Caderno CRH, Salvador, n. 37, p. 163-180, jul./dez. 2002.

LIRA, Sonia Maria de. Muito além das feiras da sulanca: a produção de confecções no Agreste/Pe. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2011.

PEREIRA NETO, Eugênio Vital. Qualificação profissional e relações de trabalho no polo de confecções de Pernambuco: trajetórias e perspectivas de atuação do Senai. [Dissertação de Mestrado]. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2011. 223f.

PEREIRA NETO, Eugênio Vital. Trabalho informal e qualificação no polo de confecções (PE). Desafios aos agentes coletivos locais. In: XV CISO. Encontro de ciências sociais do Norte e Nordeste. Pré-Alas Brasil. UFPI, 2012.

PEREIRA, Juliana Nunes. O programa empreendedor individual e as estratégias de formalização das atividades econômicas no polo de confeções do agreste pernambucano. [Dissertação de Mestrado]. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2011. 173f

SÁ, Márcio. Contexto e trajetória de vida-trabalho no Nordeste do Brasil: da infância no comércio à condição empresária na indústria têxtil local. In: Os tempos sociais e o mundo contemporâneo. Um debate para as ciências sociais e humanas. Universidade do Minho: Centro de Estudos da comunicação e Sociedade. Centro de investigação em Ciência Sociais. ARAÚJO, Emília; DUQUE, Eduardo (Eds), 2012.

SEBRAE. Estudo econômico do arranjo produtivo local de confeções do agreste pernambucano. Relatório final. Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Estado de Pernambuco. Sebrae / Pernambuco. Recife, maio 2013.

SILVA, Sandra Roberta. A juventude na “Sulanca”: Os desafios da inserção no mundo do trabalho em Taquaritinga do Norte – PE. [Dissertação de Mestrado]. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2009. 177f

SILVA, Sandra; MENEZES, Marilda. Os jovens no mercado de trabalho precário e informal no polo de confeções do agreste de Pernambuco In: ARAÚJO, Angela Maria Carneiro; OLIVEIRA, Roberto Vêras de; (org.). Formas de trabalho no capitalismo atual: condição precária e possibilidade de reinvenção. São Paulo: Annablume editora, 2011. p.67-85.

SOUZA, Alana Moraes de. A gente trabalha onde a gente vive: a vida social das relações econômicas – parentesco, “conhecimento” e as estratégias econômicas no agreste das confeções. [Dissertação de Mestrado]. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2012.

VÉRAS DE OLIVEIRA, Roberto. O Polo de confeções do Agreste de Pernambuco: elementos para uma visão panorâmica. In: VÉRAS DE OLIVEIRA, Roberto; SANTANA, Marco (orgs.). Trabalho em territórios produtivos reconfigurados no Brasil. João Pessoa: Editora UFPB, 2013. p.233-278.

VÉRAS DE OLIVEIRA, Roberto. O polo de confeções do agreste pernambucano: ensaiando uma perspectiva de abordagem. In: ARAÚJO, Angela Maria Carneiro; OLIVEIRA, Roberto Vêras de; (org.). Formas de trabalho no capitalismo atual: condição precária e possibilidade de reinvenção. São Paulo: Annablume, 2011b. p.17-65.

6. Notas

[1] Ao longo do texto se fará referência aos esforços para aproximação tanto dos atores envolvidos na produção como dos envolvidos na comercialização de confeções com o que denominamos de dinâmica capitalista. Tal expressão é usada a partir da discussão de Maria Cristina Cacciamali acerca da dinâmica formal-informal. Conforme a autora, a teoria produzida a partir da década de 1970 definiu que o termo “[...] Setor informal, também denominado de não organizado, não estruturado, ou não protegido [...] envolve empregados e empregadores que participam da produção em unidades organizadas de forma não tipicamente capitalistas, ou seja, que trabalham em unidades de produção organizadas sob formas particulares, que prescindem de relações assalariadas permanentes e de registro contábil padrão [...]” (CACCIAMALI, 2000, p. 18-19). Visto isso, a ideia de racionalização do processo produtivo e de lógica

capitalista estão atreladas a este debate, embora não seja objetivo deste artigo voltar-se para tal discussão.

[2] A Dissertação referida é apenas um dos muitos estudos desenvolvidos no âmbito do Grupo de Pesquisa Trabalho, Desenvolvimento e Políticas Públicas – TDEPP, vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais da Universidade Federal de Campina Grande – PPGCS/UFCG. Esse esforço coletivo de pesquisa iniciou em 2009, sob – na maioria dos trabalhos – orientação do professor Doutor Roberto de Oliveira Vêras e tem resultado em diferentes olhares e análises a respeito do Polo de Confeções do Agreste Pernambucano. Em 2013, o Grupo de Pesquisa passou a ser coordenado, também, pela professora Doutora Roseli Corteletti. Em Junho de 2013, comecei a participar dessas atividades e tornei-me membro do TDEPP

[3] O termo designa aqueles empreendimentos que são “especializados” – seja na costura, risco, corte, acabamento, outra tarefa ou várias – e vinculam-se a outras empresas pela subcontratação ou “terceirização”. Essas outras empresas, no contexto do Polo, podem ser tanto fábricas (legalizadas e com estrutura de empresa) como fabricos, uma pequena e/ou média fábrica de confeções, geralmente não formalizada. Portanto, fabricos e facções são predominantemente informais, o que não significa que não existam empreendimentos formalizados deste tipo.

[4] Ao referir “agentes individuais”, os autores objetivam dar ênfase ao fato de que a constituição do Polo não surgiu dos esforços ou de um plano de desenvolvimento que partiu e foi concebido pela ação do Estado. Antes o contrário, a mesma surgiu a partir de iniciativas locais associadas às aptidões e costumes locais. Identifica-se, já em 1940 e início da década de 1950, a ação de comerciantes e produtores artesanais de sulanca de Santa Cruz do Capibaribe e Caruaru – que promoviam o intercâmbio comercial entre essas cidades e Recife – por meio da venda de produtos agrícolas que era intercalada com trocas e comercialização de tecidos.

[5] Conforme SEBRAE (2013), o principal critério empírico utilizado para separar, nos questionários, as empresas dos empreendimentos complementares foi a declaração do empresário ou gerente entrevistado quanto à atividade de vendas de sua unidade produtiva. Se a Unidade Produtiva declarou vender produtos finais (para o consumidor, para o atacadista, para a rede de

lojas etc.), ela foi classificada como empresa. Caso contrário, foi considerada um empreendimento complementar.

[6] A expressão “Polo 10” é usada pelo SEBRAE (2013) para identificar o grupo das cidades pesquisadas onde existe produção significativa de confeções para o Polo. São elas: Agrestina, Brejo da Madre de Deus, Caruaru, Cupira, Riacho das Almas, Santa Cruz do Capibaribe, Surubim, Taquaritinga do Norte, Toritama e Vertentes.

[7] Continuando a caracterização já feita anteriormente, cabe destacar que a expressão fabrico é usada popularmente para caracterizar as unidades produtivas familiares, que funcionam geralmente em domicílio, na adaptação de uma garagem, ou de outras partes da casa, de caráter informal. Na sua constituição, podem assumir dimensões muito variadas, como destaca Vêras de Oliveira (2011b): “Tomando-se o número de trabalhadores assalariados, pode não ter nenhum (realizando o trabalho apenas com a família) ou chegar a dezenas de contratados (em bases informais)” (p. 17). Diferenciam-se das fábricas uma vez que estas são regularizadas pelo Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica (CNPJ) junto à Receita Federal. Outra maneira popular de significar um fabrico é diferenciando-o da facção: sendo o primeiro associado à confecção de uma peça inteira e o último à ideia de realização de apenas uma parte do processo.



Aspectos do cotidiano da Penitenciária Juiz Plácido de Souza (Caruaru-PE) na década de 2000: garantia dos direitos dos presos e promoção da ressocialização

Aspects of routine in Penitentiary Juiz Plácido de Souza (Caruaru-PE) in the 2000s: ensuring the rights of prisoners and promoting resocialization



Submetido em 03.06.14 | Aceito em 06.07.14 | Disponível on-line em 20.08.14

Flávio de Sá Cavalcanti de Albuquerque Neto*, André Luiz Medeiros de Moraes Sobrinho, Antonio Faustino de Andrade Silva Júnior, José Lyndemberg do Nascimento, Sérgio Gabriel Lemos Silva

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – Campus Caruaru. Estrada do Alto do Moura, km 3,8. Distrito Industrial III – CEP: 55040-120 – Caruaru – PE | mflavio.albuquerque@caruaru.ifpe.edu.br

RESUMO

São bastante conhecidos os problemas operacionais das prisões brasileiras e a impossibilidade de se garantirem os direitos dos presos, estabelecidos pela Lei de Execução Penal. Porém, a Penitenciária Juiz Plácido de Souza (PJPS), localizada em Caruaru (Pernambuco), é um exemplo de unidade prisional onde a ressocialização, o combate à ociosidade, a manutenção da ordem interna e o respeito aos direitos humanos são levados a sério, principalmente durante a gestão de Cirlene Rocha (2002-2013), durante a qual foram estimuladas, entre os reclusos, a prática de atividades, como o estudo, o trabalho e os esportes. Assim, o objetivo deste artigo é analisar como tais atividades auxiliam o processo de ressocialização e a garantia dos direitos dos presos. Em consonância com nosso projeto de pesquisa, nossas fontes serão os jornais Vanguarda, Extra (locais), Jornal do Commercio e Diário de Pernambuco (estaduais), escolhidos devido ao destaque dado por esses periódicos, no período em tela, à gestão de Cirlene Rocha e à projeção que a PJPS vem ganhando no país devido à sua atuação.

Palavras-chaves: Penitenciária, Ressocialização, Caruaru.

ABSTRACT

The operational problems in Brazilian prisons and the impossibility to guarantee the rights of prisoners, established by the Criminal Sentencing Act, are already well known. However, the Penitentiary Juiz Plácido de Souza (PJPS), located in Caruaru (Pernambuco), is an example of a prison unit where rehabilitation, idleness combat and the maintenance of internal order and respect for human rights are taken seriously, especially during Cirlene Rocha's management (2002-2013). During that period, activities like study, work and sports were stimulated among prisoners. Therefore, the objective of this article is to analyze how these activities help in the rehabilitation process and in ensuring the rights of prisoners. In line with our research project, our sources are the following newspapers: Vanguarda, Extra (local), Jornal do Commercio and Diário de Pernambuco (state), chosen due to the emphasis in these journals during the period in screen, to Cirlene Rocha's management and to the projection that PJPS has been gaining in the country due to its remarkable performance.

Keywords: Penitentiary; Rehabilitation; Caruaru.

1. A cultura do controle social no Brasil

Nos últimos quarenta anos, tem-se observado, tanto no Brasil bem como em diversos países dos continentes americano e europeu, o recrudescimento do papel punitivo

do Estado em detrimento do discurso acerca do caráter ressocializador da pena de prisão, vigente desde o século XIX e que ganhou destaque no discurso criminológico do pós-guerra. A sanção penal é, atualmente, a principal resposta estatal para controlar os crimes e atos

desviantes, fato que se comprova na observação da população carcerária brasileira que, em 2014, é de 711.463 presos alocados em 357.219 vagas, segundo dados do Departamento de Monitoramento e Fiscalização do Sistema Carcerário e do Sistema de Execução de Medidas Socioeducativas, do Conselho Nacional de Justiça¹. Esses números fazem do Brasil o país onde a população prisional mais cresce no mundo (ALMEIDA, 2013). Segundo levantamento do Departamento Penitenciário Nacional (DEPEN), a população carcerária brasileira cresceu seis vezes em 22 anos, entre 1990 e 2012².

A prisão é um instituto jurídico-penal que tem por objetivo a punição dos sujeitos desviantes e, na prática, não garante controle ou diminuição da criminalidade (o que é da alçada das políticas públicas no âmbito social, educacional etc.). As condições em que essa pena será aplicada são estabelecidas pela Lei de Execução Penal (Lei 7.210, de 11 de julho de 1984), segundo a qual a execução da sentença deve se dar à luz das garantias fundamentais dos Direitos Humanos e Sociais. De acordo com essa Lei, para uma efetiva recuperação, o detento deve receber assistência material, jurídica, de saúde, educacional, social e religiosa, mas as dificuldades operacionais dos sistemas prisionais nacionais (superlotação, ausência de investimentos, estrutura física precária dos edifícios, despreparo dos agentes penitenciários, entre outros) impedem sua concretização. A pena de prisão é cumprida em estabelecimentos onde a lei faz-se letra morta, à sombra do completo abandono estatal. Paradoxalmente, “o Estado não cumpre sua própria legislação, mas pune o cidadão que a descumpriu” (ALMEIDA, 2013, p. 363).

As prisões brasileiras acumulam

as taras das piores jaulas do Terceiro Mundo, mas levadas a uma escala digna de Primeiro Mundo, por sua dimensão e pela indiferença estudada dos políticos e do público entupimento, estarrecedor dos estabelecimentos, o que se traduz por condições de vida e higiene abomináveis, caracterizadas pela falta de ar, luz e alimentação (...) negação de acesso à assistência jurídica e aos cuidados elementares de saúde (...) violência (...) entre os detentos, sob forma de maus tratos, extorsões, sovas, estupro, assassinatos (...) (WACQUANT, 2001, II, apud ALMEIDA, 2013, p. 363-364).

Ou seja, além das condições acima expostas e do descaso do Estado brasileiro em relação ao sistema carcerário e aos direitos dos presos, observa-se uma expansão do Direito Penal, evidente no aumento das taxas de encarceramento, bem como das leis de cunho repressivo. Segundo Alessandro de Giorgi (2006), o Direito Penal – juntamente com as instituições repressivas, como as polícias e as prisões – assume o papel de gestor de uma população considerada supérflua, papel que antes cabia a outros ramos do Direito exercer. Nesse sentido, segundo Danilo Cymrot (2011), no Brasil sempre prevaleceu a lógica do controle, em detrimento da lógica disciplinar. Ou seja, historicamente sempre se deu mais ênfase à repressão do ato delituoso e à exclusão social do indivíduo do que à recuperação desse sujeito e à garantia dos direitos humanos e sociais das pessoas, enquanto estratégias de combate à criminalidade.

Segundo Letícia N. Almeida, (2013), diante dessa cultura que superdimensiona o controle social por parte do Estado, via repressão e punição, torna-se impossível a diminuição da criminalidade, já que o próprio sistema penal alimenta essa cultura da violência, a partir do momento em que o indivíduo descumpra a lei que protege a sociedade, mas, em contrapartida, o Estado descumpra a lei que protege o indivíduo. Dessa forma, não é somente a pessoa humana do criminoso que sofre as consequências dessa violência estatizada, mas, sobretudo, a sociedade, à qual não se oportuniza a reintegração de um de seus

membros. Nas palavras de Rafael Damasceno de Assis (2007),

a partir do momento em que o preso passa à tutela do Estado, ele não perde apenas o seu direito de liberdade, mas também todos os outros direitos fundamentais que não foram atingidos pela sentença, passando a ter um tratamento execrável e a sofrer os mais variados tipos de castigos, que acarretam a degradação de sua personalidade e a perda de sua dignidade, num processo que não oferece quaisquer condições de preparar o seu retorno útil à sociedade.

Além da ausência de políticas de garantias de direitos e promoção da recuperação do criminoso, este, ao sair da prisão, convive com o estigma de “ex-presidiário”, “ex-criminoso”, que marcará pelo resto de sua vida o seu processo de ressocialização. Esse processo, ao contrário do que se pode pensar, não acaba – ou não deveria acabar – com a libertação do preso. Esta deveria ser apenas uma das fases desse processo, que inclui desde o acompanhamento pós-cárcere de uma equipe multidisciplinar – que deveria contar com psicólogos, médicos, assistentes sociais, pedagogos etc. – até o próprio acolhimento desse sujeito pela sociedade. Saindo da prisão sem garantia alguma de reintegração, esse indivíduo não dispõe de nada além da liberdade³. A pena de prisão não impõe apenas sofrimento físico e emocional mas também a marginalização aos condenados. Mais grave ainda é constatar que ela os inviabiliza socialmente.

A comprovação de que a pena privativa de liberdade⁴ não se revelou como remédio eficaz para ressocializar o preso reside no elevado índice de reincidência dos criminosos oriundos do sistema carcerário. Segundo Assis (2007), embora não haja números oficiais, conjectura-se que, no Brasil, em média, 90% dos ex-detentos que retornam à sociedade voltam ao mundo do crime

e, conseqüentemente, acabam retornando à prisão. Essa realidade é um reflexo do tratamento e das precárias condições físicas e emocionais às quais o condenado foi submetido no ambiente prisional, além de ser fruto do sentimento de rejeição e de indiferença sob o qual ele é tratado pela sociedade e pelo próprio Estado ao reaver sua liberdade⁵. Como dito, o estigma de ex-detento e seu total desamparo pelas autoridades o faz tornar-se marginalizado no meio social, o que acaba levando-o de volta às práticas delituosas por falta de melhores opções. Tudo isso gera o que Foucault (2004) chama de círculo vicioso da reincidência.

No entanto, na contramão de tudo que foi exposto, existem algumas exceções. Um exemplo é a Penitenciária Juiz Plácido de Souza (doravante, PJPS), localizada no município de Caruaru, cidade polo do Agreste pernambucano. Na última década, a gestão dessa unidade prisional tem efetivado ações no sentido de promover os direitos dos presos, sua socialização e interação com diversos setores da sociedade, no intuito de garantir que, ao cumprirem a pena, eles possam (re)conquistar o espaço social do qual foram alijados.

2. O cotidiano da Penitenciária Juiz Plácido de Souza

2.1 Atividades laborais e projetos integradores

A Penitenciária Juiz Plácido de Souza (PJPS) foi inaugurada no ano de 1988, em meio às discussões em torno da nova Constituição brasileira e do papel da prisão no pós-redemocratização. Os presídios que surgiram no país nesse período deveriam se afastar da imagem criada acerca dessas instituições no período da ditadura militar (1964-1985): torturas, detenções por motivos ideológicos, desaparecimento de presos etc. Foi um período em que a prisão teve seu papel punitivo e corretivo ainda mais

distorcido, devido às práticas de exceção do regime.

Assim, pela Constituição de 1988, parágrafo XLIX do artigo 5o, é assegurado aos presos o respeito à integridade física e moral, um mecanismo jurídico para reformar o sistema carcerário brasileiro bem como abrandar a reputação das prisões junto à sociedade. Contudo, mesmo com essa garantia constitucional, a realidade do aparato carcerário brasileiro em quase nada mudou. Ainda hoje as prisões estão superlotadas e sem condições estruturais e de capital humano de promover a ressocialização e de garantir os direitos dos condenados (ALMEIDA, 2013; ASSIS, 2007).

No entanto, como dito acima, no que tange a esses aspectos, a PJPS constitui-se num exemplo a ser seguido, ou, como disse Letícia Nuñez Almeida (2013), “um ponto cego na cultura do controle do crime”. Apesar de conviver também com o problema da superlotação (são mais de 1400 homens num espaço que contém 381 vagas, segundo dados da Secretaria de Ressocialização de Pernambuco, para o ano de 2012), a gestão dessa unidade tem efetivado ações para promover a ressocialização e tornar menos tortuoso o cotidiano desses mais de mil homens. Em conjunto com os apenados, foram construídos espaços para a execução de atividades educacionais (uma sala de aula), profissionais (sala para confecções, padaria) e recreativas, esportivas e de lazer (sala de musculação, rádio comunitária). O presídio ainda dispõe de um local onde foi montada uma oficina de artesanato e um pátio onde os detentos praticam esportes, como vôlei, futebol e capoeira.

Todas essas atividades fazem parte do Projeto de Ressocialização e Humanização do Ambiente Carcerário da PJPS, criado e posto em prática nos anos noventa, quando o presídio estava sob administração da Pastoral Carcerária Ecumênica, que contava com apoio do Bispo

Diocesano da cidade. Mas foi na gestão de Cirlene Rocha, primeira mulher a assumir o comando de uma unidade prisional em Pernambuco, que as ações desse projeto tomaram fôlego.

Segundo Almeida (2013), esse projeto se transformou em política pública, tendo como princípios norteadores a educação escolar, a geração de renda e o fortalecimento das redes de sociabilidade, dentro e fora da prisão, em especial o fortalecimento das relações familiares. Além disso, o projeto estimula a prática de atividades esportivas, culturais, artísticas e religiosas, visando à promoção de um ambiente de convivência pacífica e não violenta entre os presos e os agentes da ordem. Em suma, todas as atividades da PJPS visam a promover a ressocialização para evitar a reincidência, garantir os direitos humanos dos apenados e fortalecer/restabelecer os vínculos com a vida social, mas também tem por objetivo a manutenção da ordem interna no presídio. Durante o período em que Cirlene Rocha geriu essa unidade, praticamente foram zerados incidentes como motins, rebeliões e assassinatos no interior da penitenciária (ALMEIDA, 2013). Em pesquisas em jornais que circulam na cidade de Caruaru, pudemos atestar essa informação, pois, mesmo no final dos anos 1990 e início da década seguinte, não raros foram os casos noticiados de rebeliões, torturas de presos ou mortes.

Assim, com o objetivo maior de garantir que o apenado tenha oportunidades de ser acolhido pela sociedade, tanto do ponto de vista produtivo como da sociabilidade, bem como para atenuar o sofrimento físico e emocional que as condições estruturais da prisão impõem ao indivíduo, Cirlene Rocha preocupou-se em fazer valer os princípios e as ações do Projeto de Ressocialização e Humanização do Ambiente Carcerário da PJPS.

As atividades profissionais e culturais promovidas na unidade fazem parte da gama de oportunidades que caracterizam a região de Caruaru, como a polo de confecções, em especial o de jeans, e a tradicional feira de artesanato. Tendo em vista os arranjos produtivos locais, os detentos têm a possibilidade de ter sua mão de obra cedida a essas empresas, percebendo o mesmo salário que receberiam se estivessem em liberdade. Para essa atividade, foi montado um espaço onde são produzidas cerca de dezesseis mil peças de jeans, sem, no entanto, estabelecer-se vínculo empregatício entre as partes. Além dessas atividades, produzem-se também, na PJPS, chaveiros, vassouras, pães e objetos diversos do artesanato local.

O pagamento pela venda desses produtos é depositado numa poupança para criação de um pecúlio a ser utilizado quando da sua soltura, ou entregue às famílias, à escolha do reeducando (como Rocha preferiu chamar os apenados). No que tange à produção de artesanato no barro, os presos produzem peças que são comercializadas na Feira de Caruaru e, da mesma forma, o dinheiro auferido é depositado em poupança ou direcionado à família.

Observa-se, assim, que “as atividades da penitenciária funcionam como uma extensão do que acontece fora daquele espaço” (ALMEIDA, 2013, p. 369), porém permanecem sob jugo de uma administração sempre presente e vigilante. Nesse sentido, entendemos a prisão a partir do que Erving Goffman (2005) nomeia de “instituições totais”, que ele define como sendo um local de residência ou trabalho onde um grande número de indivíduos com situação semelhante, separados da sociedade mais ampla por considerável período de tempo, levam uma vida fechada e formalmente administrada.

Importante salientar que, além das atividades produtivas, diversas ações foram propostas, ao longo dos anos 2000, visando a

promover a integração dos presos com sua família, como o Projeto Caminhar, aprovado na câmara de Vereadores de Caruaru em 27 de junho de 2006. Esse projeto teve por objetivo conhecer a realidade das famílias dos reeducandos, para encaminhá-las a soluções que representem sua inclusão social. Em entrevista ao jornal Vanguarda, Cirlene Rocha afirmou que “os filhos dos presos são os mais vulneráveis. A família é quase sempre desestruturada. Eles sofrem discriminação na própria comunidade onde vivem e o exemplo que têm dos pais é roubo, tráfico e crimes morte” (Jornal Vanguarda, Caruaru, 08 de 2006). O projeto contou com apoio de igrejas evangélicas, da Pastoral Carcerária Católica, de empresários e do Sistema. O resultado, alcançado ao longo do ano seguinte, foi o atendimento de dezenas de famílias de presos com sua inserção no mercado de trabalho e assistência psicossocial, através das instituições parceiras.

Internamente, os reeducandos também se dedicam a atividades como o estudo, pois foi montada uma escola primária que conta com a colaboração de docentes da rede municipal de ensino. A frequência às aulas é condição mínima para participação de outras atividades na PJPS.

2.2 A prática de esportes e o destaque nacional da PJPS

Entretanto, mesmo com a importância flagrante do trabalho executado pelos apenados na PJPS, outro aspecto da rotina desses homens tem merecido destaque, especialmente na imprensa: a prática de atividades esportivas. Todos os detentos são estimulados a praticar exercícios periodicamente, como futsal, vôlei, capoeira, além de outras atividades físicas individuais.

O vôlei é o esporte mais praticado pelos apenados na PJPS. Um time foi criado em 2010, por iniciativa do detento Gilson Cordeiro, condenado a 17 anos por latrocínio, roubo seguido

de morte. As partidas de vôlei ocorrem todos os dias, durante o banho de sol, sempre sob fiscalização da direção do presídio. O detento que apresentar mau comportamento durante a partida perde o direito de jogar. Além disso, para praticar o esporte, o preso tem que frequentar as aulas na escola montada na PJPS e não pode se envolver em problemas nem receber advertências.

Anualmente, a Prefeitura de Caruaru realiza o evento esportivo “Jogando para liberdade” nas dependências da Penitenciária Juiz Plácido de Souza. Por meio das competições de futsal, voleibol, tênis de mesa, dama, dominó, sinuca e xadrez, os participantes interagem e praticam atividades educativo-culturais, que são de fundamental importância para a ressocialização dos detentos. Como premiação, os três primeiros lugares recebem medalhas. Além disso, há premiações para os jogadores que se destacam em cada uma das modalidades.

No ano de 2010, o dominical Fantástico veiculou uma matéria sobre a PJPS, em que foram destacados os aspectos acima relatados, sobre atuação da gestão da unidade no que tange à garantia de direitos e promoção da ressocialização. Em agosto do ano seguinte, os detentos da PJPS receberam a visita do ex-jogador de vôlei e atual apresentador de TV, Tande. O atleta visitou a unidade no intuito de gravar uma matéria para o programa Esporte Espetacular, da Rede Globo. Na ocasião, cerca de 20 presos participaram de uma partida de vôlei, conduzida pelo campeão olímpico, realizada na quadra interna da PJPS. Em entrevista concedida ao Jornal Extra, da cidade de Caruaru, Tande afirmou: “Tomei conhecimento do trabalho que era desenvolvido aqui por Cirlene [Rocha] e achei interessante lincar com o esporte. A experiência valeu muito a pena, pois também enxergo na possibilidade um aprendizado no que diz respeito aos sonhos de cada um, além do respeito mútuo”. (Jornal Extra, 24 de agosto de 2011).

Para o jornal Vanguarda, o ex-jogador também destacou a importância do esporte na ressocialização. “O esporte faz com que você saiba respeitar o seu companheiro. Nos momentos difíceis de uma partida e da vida surge a possibilidade de trazer o respeito de novo. Acho que o esporte cria essa coisa e torna você uma pessoa melhor”, afirmou. (Jornal Vanguarda, 27 de agosto de 2011).

O esporte vem sendo largamente utilizado na Penitenciária Plácido de Souza por estimular o companheirismo, a socialização e o senso de coletividade. Os benefícios das atividades físicas para o convívio são bastante conhecidos e, por isso, os esportes são largamente utilizados em diversos ambientes, tanto para estimular a competitividade como para aguçar o espírito coletivo entre os envolvidos. O esporte, individual ou em equipe, possibilita o desenvolver de um maior conhecimento de si próprio como do outro, tanto no aspecto físico como no psicológico. É nesse sentido que, por exemplo, os colégios e as universidades costumam organizar jogos entre os estudantes, equipes de trabalho conseguem tempo para encontros esportivos, os clubes são lugares tradicionais para essas atividades, os campos de futebol de aluguel são formas de unir grupos etc.

É inegável que no dia a dia e nos mais diferentes espaços de sociabilidade, tanto públicos quanto privados, a prática esportiva produz uma série de valores, tais como: liderança, trabalho em equipe, respeito às regras. O esporte possui um grande potencial de socializar indivíduos das mais diferentes classes, religiões, gêneros etc. Por meio dele, pessoas se relacionam, fortalecem vínculos afetivos. Ou seja, a importância da prática esportiva vai muito além dos benefícios à saúde física do homem. Não importa se uma competição, uma brincadeira, uma aula de Educação Física, a socialização com os demais está intimamente ligada ao jogo. Mesmo sendo

um esporte individual, o praticante se relacionará, competirá com outros participantes, dividirá tristezas e alegrias (BICKEL, 2013).

Dessa forma, por meio da prática esportiva, pode-se trabalhar o relacionamento do atleta com os demais do seu time, do time adversário, bem como lhe ensina como reagir após uma vitória ou uma derrota e a respeitar os jogadores adversários, o direito de o outro time de festejar sua vitória. Podemos refletir sobre a importância da atividade em grupo, do pensar no coletivo e não somente em si, mas, sobretudo, trabalhar a dedicação pela sua equipe, o respeito às regras, o jogo limpo, um universo dentro do esporte que o jogador pode levar para sua vida fora daquele círculo.

Ainda é importante lembrar que o esporte é útil uma vez que, durante um jogo, todos são iguais. Existe a autoridade no jogo (um juiz, para fazer valer as regras) mas, no restante, todos os participantes são iguais em condições, ganhando aquele que souber ser mais habilidoso, e não por ter alguma vantagem fora do jogo. Deve-se ter em mente que é saudável competir, querer ser melhor, mas também é importante ajudar o outro a criar possibilidades para que ele desenvolva as mesmas condições. Dessa forma, o esporte não só proporciona formação social e educacional como também contribui para a formação do caráter (BICKEL, 2013).

PROJETO DE RESSOCIALIZAÇÃO E HUMANIZAÇÃO DO AMBIENTE CARCERÁRIO DA PJP3

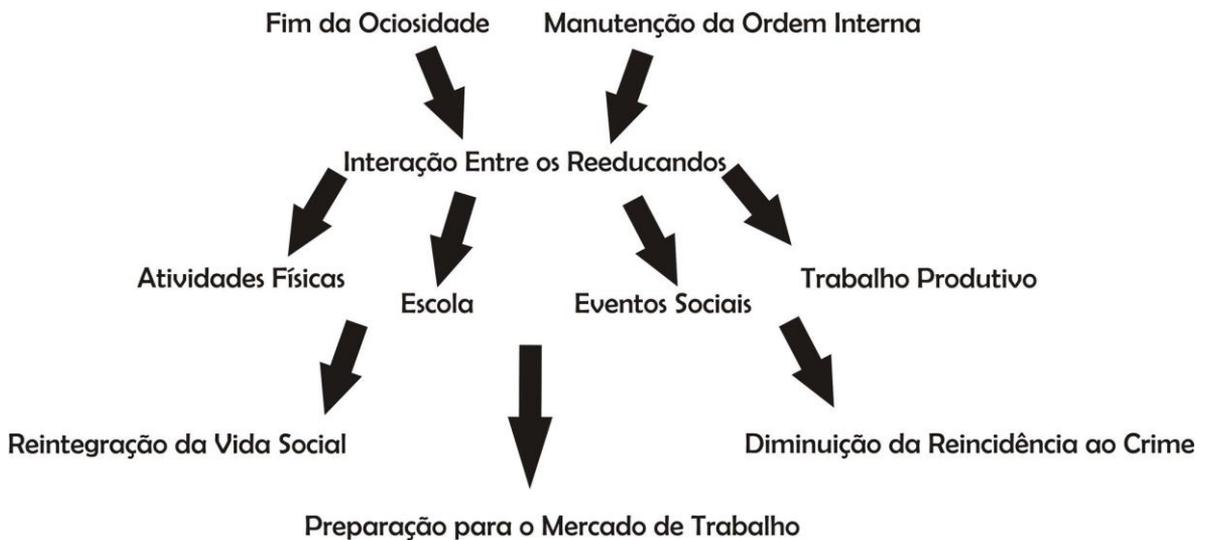


Figura 1: Fluxograma: funcionamento e objetivos do Projeto de Ressocialização e Humanização do Ambiente Carcerário

3. Considerações finais

No Brasil, a realidade prisional apresenta-se muito distante daquilo que é necessário para se fazer cumprir as funções de ressocialização, invalidando a hipótese da correção do delinquente via prisão. O sistema carcerário apenas se configura como um espaço onde o Estado legitima sua política de controle, repressão e exclusão dos desviantes. Os efeitos mais duradouros que a prisão causa à vida de quem é submetido a ela são os danos à constituição da identidade, a afirmação do estigma, a incorporação do sentimento de inferioridade e a redução da autoestima (CUNHA, 2011). Ganhando a liberdade mas deparando-se com a estigmatização, o ex-presidiário não encontra meios de se reinserir na sociedade e acaba, por vezes, voltando ao mundo do crime e, geralmente, à prisão.

Contudo, diante do exposto, pode-se assegurar que, por todos os benefícios físicos e sociais, a utilização do esporte, do trabalho, da educação e da integração familiar no contexto da execução da pena restritiva de liberdade são importantes meios de promoção da ressocialização dos apenados, contribuindo para devolver-lhes a condição de sujeito social que o cárcere, por sua essência jurídica e por sua materialidade, retira. Ressocializado, o indivíduo tem a oportunidade de constituir-se como um sujeito que ocupa um determinado lugar social e encontra-se inserido em relações sociais; que tem uma história e que, por meio dela, interpreta o mundo e lhe dá sentido, assim como dá sentido à posição que ocupa nele, às suas relações com os outros; um sujeito ativo, que age no e sobre o mundo, e nessa ação se produz e, ao mesmo tempo, é produzido no conjunto das relações sociais no qual se insere (DAYRELL, 2003).

Apesar de todos os problemas estruturais, a experiência da Penitenciária Juiz

Plácido de Souza vem sendo, há anos, um modelo a ser seguido, pois oportuniza o apenado a não perder sua essência de sujeito histórico e social. Por meio do trabalho, da educação, do esporte e do lazer, os indivíduos ali detidos não são tratados apenas com base em suas condutas antissociais pré-cárcere, mas procura-se proporcionar integração e bem-estar, mesmo dentro da prisão, fazendo esses sujeitos adquirirem novas referências psicossociais para que, ao voltarem ao mundo extramuros, estejam aptos para enfrentar os paradoxos, dificuldades e benesses que alimentam e são alimentados pela sociedade. Paradoxo, pois o discurso que atribui à prisão um papel de espaço de cuidado e proteção é o mesmo que a define como espaço meramente punitivo. Mas, repetindo as palavras de Almeida (2013), a PJPS constitui-se num “ponto cego na cultura do controle do crime”.

4. Notas

[1] Dados disponíveis no Novo Diagnóstico de Pessoas Presas no Brasil. Segundo esse levantamento, o Brasil possui a maior população carcerária do mundo, atrás, apenas, dos Estados Unidos, China e Rússia. Disponível em http://www.cnj.jus.br/images/imprensa/diagnostico_de_pessoas_presas_correcao.pdf. Acesso em 18 de junho de 2014.

[2] Informações disponíveis em <http://congressoemfoco.uol.com.br/noticias/populacao-carceraria-cresce-seis-vezes-em-22-anos/>. Acesso em 19 de junho de 2014.

[3] Parafraseamos o historiador estadunidense Erick Foner que estudou o processo de abolição da escravidão nos Estados Unidos. Ele conclui que os escravos emancipados não ganharam nada com a emancipação, porque nada além da liberdade, nada além do fim do cativeiro foi dado a eles. (FONER, 1988). Nesse sentido, afirmamos, que com as atuais condições do sistema prisional brasileiro, o egresso não tem nenhuma conquista a não ser sua soltura, pois não possui nenhuma garantia de aceitação social.

[4] Aqui, utilizamos a nomenclatura constante no Artigo 32 do Código Penal Brasileiro (ver CAPEZ & PRADO, 2014).

[5] Por liberdade, entendemos a situação na qual um sujeito tem a possibilidade de orientar seu próprio querer no sentido de uma finalidade e de tomar decisões sem ser determinado pelo querer dos outros (BOBBIO, 1997). Foucault, ao analisar a emergência da pena de prisão em detrimento dos castigos físicos, afirma que “O castigo passou de uma arte das sensações insuportáveis, para uma economia dos direitos suspensos” (FOUCAULT, 2014, p.14), referindo-se ao fato de, quando submetido ao cárcere, o indivíduo vê-se aliado de seus direitos civis. Assim, é no sentido de suspensão de direitos, da não autonomia individual e, de forma mais simples, como oposição à condição de encarceramento, que utilizaremos a palavra “liberdade” no decorrer do texto.

5. Referências

5.1 Fontes:

Jornal Vanguarda
Jornal Extra
Globo Esporte (on-line)

5.2. Bibliografia

ALBUQUERQUE NETO, Flavio, MAIA, Clarissa Nunes, BRETAS, Marcos Luis; COSTA, Marcos Paulo Pedrosa. (orgs.). História das prisões no Brasil. 2 vols. Rio de Janeiro: Rocco, 2009.

ALBUQUERQUE NETO, Flávio de Sá Cavalcanti de; NASCIMENTO, José Lyndemberg do. SILVA, Wéverton Rodrigues. A prática de esportes na Penitenciária Juiz Plácido de Souza como fator de ressocialização. In: Anais Eletrônicos - I FEBRAT. Belo Horizonte: UFMG, 2013.

ALMEIDA, Leticia Núñez de. A experiência da Penitenciária Juiz Plácido de Souza. Um ponto

cego na cultura do controle do crime. In LOURENÇO, Luiz Cláudio, GOMES, Geder Luiz Rocha (orgs). Prisões e punições no Brasil contemporâneo. Salvador: EDUFBA, 2013.

ANITUA, Gabriel Ignácio. História dos pensamentos criminológicos. Rio de Janeiro: Revan, 2007.

ASSIS, Rafael Damaceno de. A Realidade Atual do Sistema Penitenciário Brasileiro. In. Revista CEJ, Brasília, Ano XI, n. 39, p. 74-78, out./dez. 2007. Disponível em: <www.cjf.jus.br/revista/numero39/artigo09.pdf>. Acesso em: 23 de setembro de 2013.

AZEVEDO, Guilherme F. e BARROS, Ana Maria de. Quem Estamos Prendendo? O Perfil do Detento da PJPS. Caruaru: Secretaria de Justiça e Cidadania / Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Caruaru, 2001.

BARROS, Ana Maria de. Fé, Política e Prisão. Pastoral Carcerária e Administração Prisional - Um Estudo na Penitenciária Juiz Plácido de Souza em Caruaru - PE. [Tese de doutorado]. Recife, Universidade Federal de Pernambuco, 2007. 1v.

BICKEL, Éderson Alexandro; MARQUES, Márcio Geller; SANTOS, Geraldine Alves dos. Esporte e sociedade: a construção de valores na prática esportiva em projetos sociais. In. EFDeportes.com. Buenos Aires, n. 171, agosto de 2012. Disponível em <<http://www.efdeportes.com/efd171/esporte-e-sociedade-a-construcao-de-valores.htm>>. Acesso em 20 de setembro de 2013.

BOBBIO, Norberto et al. Dicionário de Política. 2 vols. Brasília: Editora da UnB, 1998.

- BOBBIO, Norberto. Igualdade e liberdade. 3. ed. Rio de Janeiro: Ediouro, 1997.
- CAPEZ, Fernando; PRADO, Stela. Código Penal comentado. São Paulo: Saraiva, 2014.
- COELHO, Maria Thereza Ávila Dantas, CARVALHO FILHO, Milton Júlio de (orgs.). Prisões numa abordagem interdisciplinar. Salvador: EDUFBA, 2012.
- CUNHA, Elizângela Lelis da. Educação ou castigo. Um estudo sobre as mulheres reeducandas. [Tese de doutorado]. Araraquara, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2011.1v.
- CYMROT, Danilo. As origens da pena privativa de liberdade e seu significado na estrutura social brasileira. In: SÁ, Alvino Augusto de, TANGERINO, Davi de Paiva Costa, SHECAIRA, Sérgio Salomão. Criminologia no Brasil. História e aplicações clínicas e sociológicas. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.
- DE GIORGI, Alessandro. A miséria governada através do sistema penal. Rio de Janeiro: Revan, 2006.
- DAYRELL, Juarez. O jovem como sujeito social. In: Revista Brasileira de Educação. n.24, p. 40-52, set./out./nov./dez., 2003.
- FONER, Eric. Nada além da liberdade. A Emancipação e seu Legado. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1988.
- FOUCAULT, Michel. Vigiar e punir. História da violência nas prisões. 29ª edição. Petrópolis: Vozes, 2004.
- GARLAND, David. Punishment and modern society. A study in social theory. Oxford: Clarendon Press, 1990.
- GOFFMAN, Erving. Manicômios, prisões e conventos. 7ª edição. São Paulo: Perspectiva, 2005.
- RUDNICK, Dani. Prisão, Direito Penal e Respeito aos Direitos Humanos, In: SANTOS, José Vicente Tavares dos (org.). Violência em Tempo de Globalização. São Paulo: Hucitec, 1999.
- VASCONCELOS, Emerson Diego Santos de; QUEIROZ, Ruth Fabrícia de Figueiroa; CALIXTO, Gerlania Araujo de Medeiros. A precariedade no sistema penitenciário brasileiro – violação dos direitos humanos. In: Âmbito Jurídico, Rio Grande, XIV, n. 92, set 2011. Disponível em: <http://www.ambito-juridico.com.br/site/?artigo_id=10363&n_link=revista_artigos_leitura>. Acesso em 20 de setembro de 2013.
- WACQUANT, Loic. As prisões da miséria. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2001.



Loucura, Biopolítica e Biopoder no Conto “O Alienista” de Machado de Assis

Madness, Biopolitics and Biopower in the Tale “O Alienista” by Machado de Assis

Submetido em 24.04.14 | Aceito em 10.07.14 | Disponível on-line em 20.08.14



Artigo

Aline Brandão de Siqueira*

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – Campus Caruaru. Estrada do Alto do Moura, km 3,8. Distrito Industrial III – CEP: 55040-120 – Caruaru – PE | alinebpnz@oi.com.br

Sílvio Sérgio Oliveira Rodrigues

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – Campus Cabedelo, Av. João da Mata, 256, Jaguaribe, João Pessoa - PB - CEP: 58.015-020

Valquiria F. Bezerra Barbosa

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – Campus Pesqueira, BR 232, km 208. Prado, Pesqueira – PE. CEP 55200-000

RESUMO

O presente trabalho aponta para uma discussão sobre a relação entre loucura, poder e ciência, a partir da leitura do conto/novela “O Alienista”, de Machado de Assis, escrito em 1882, no livro Papeis Avulsos. Nesse sentido, busca-se, a partir do olhar foucaultiano, mostrar a relação entre a formação de uma “verdade” em torno da loucura e a ideia de poder da ciência e o valor imensurável do médico que tem em seu saber um poder ideológico. Assim, é através da ideia de biopoder, que o Estado Moderno instaura suas formulações e desenvolvimento de novas relações capitalistas, construindo uma disciplina anátomo-política através da formação ideológica da normatização, criando um instrumento institucionalizado que busca modelar o indivíduo, através do que se pode chamar de “administração da população”. Partindo dessa discussão, utiliza-se a Literatura do século XIX como meio de discutir a biopolítica e o biopoder fazendo um contraponto com a publicação machadiana descortinada no século XVIII.

Palavras-chaves: Foucault, Biopolítica, O Alienista, Ciência e Poder

ABSTRACT

The current paper points to a discussion on the relationship between madness, power and Science from the reading of the tale/novel “O Alienista”, written in 1882 by Machado de Assis in Papeis Avulsos. We aim at showing, from a foucaultian perspective, the relationship between the constitution of one ‘truth’ about madness and the notion of power of science and the doctor’s impossible-to-measure-value who holds an ideological power. Hence, it is through the idea of biopower that the Modern State has established its formulations and the development of new capitalistic relations, building an anatomo-political subject through the ideological formation of ruling, creating an institutionalized tool that seeks the shaping of the individual through what we can call the “population administration”. Based on this discussion, the XIX literature is used as a means to discuss biopolitics and biopower as opposed to the machadian work unveiled in the XVIII century.

Keywords: Foucault, Biopolitics, O Alienista, Science e Power..

1. Introdução

O objetivo do presente ensaio é discutir os conceitos de biopoder, biopolítica e loucura em Michel Foucault, a partir do conto/novela “O Alienista”, de Machado de Assis, escrito em 1882, no livro de contos Papeis Avulsos.

Esta narrativa literária estabeleceu importante crítica ao lugar e papel social da loucura no século XIX. O período compreendido entre os séculos XVII e XVIII, na ótica de Foucault (1994) teve, como característica marcante, o processo de transição

entre o poder soberano e o biopoder (Estado). O autor denomina a esse período, que está relacionado ao desenvolvimento do capitalismo no Ocidente, como “Umbral da Modernidade Biológica”. Os fenômenos próprios à vida da espécie humana entraram na ordem do saber e do poder e no campo das técnicas políticas. Esse poder sobre a vida assumiu duas formas principais: a) o adestramento dos corpos como máquinas, ampliando suas aptidões, extorquindo suas forças, acentuando sua utilidade e docilidade pela integração em sistemas de controle eficazes e econômicos, assegurado por procedimentos de poder disciplinares e b) a biopolítica das populações, admitindo-se uma série de intervenções e controles reguladores no corpo-espécie; no corpo transpassado pela mecânica do ser vivo e como suporte de processos biológicos, tais como, as taxas de natalidade e mortalidade, o nível de saúde, a longevidade.

A biopolítica esteve historicamente vinculada à constituição e ao fortalecimento do Estado nacional, à afirmação da burguesia, assim como à formação de um dispositivo médico-jurídico, visando à medicalização e à normalização da sociedade (ORTEGA, 2004). E Segundo afirma Foucault (1989, p.82),

O controle da sociedade sobre os indivíduos não se opera simplesmente pela consciência ou pela ideologia, mas começa no corpo, com o corpo. Foi no biológico, no somático, no corporal que, antes de tudo, investiu a sociedade capitalista. O corpo é uma realidade biopolítica

Esse período corresponde ao contexto em que o indivíduo e a espécie entram nas estratégias e nos cálculos do poder político. A partir de então, a vida biológica e a saúde dos indivíduos tornaram-se alvos fundamentais do poder político sobre a vida e a manutenção desta,

num processo que foi denominado por Foucault de “estatização do biológico” (FOUCAULT, 1994).

Na Europa, do século XVII, foram criados estabelecimentos de internação que abrigavam velhos, crianças abandonadas, aleijados, mendigos, portadores de doenças venéreas e os loucos a fim de combater e punir o maior vício da sociedade mercantilista: o ócio. Foucault (2011, p. 101) afirmou que “antes do século XVIII, o hospital era essencialmente uma instituição de assistência aos pobres [...] como também de separação e de exclusão [...], um lugar onde morrer”. Já no século XIX, o contexto político de legitimação social dos diversos procedimentos de adestramento dos corpos, a disciplinarização do espaço confuso do hospital e as transformações do saber e práticas médicas possibilitaram que o hospital passasse a ser um espaço privilegiado do saber e da intervenção médica.

Nesse panorama, encontravam-se presentes as condições sócio-históricas para a instituição do saber psiquiátrico pela interpretação nosológica da loucura como doença mental passível de intervenções para a cura; a loucura foi compreendida, nesse contexto, como des-razão (ROSA, 2008). O louco e a loucura ficaram à margem, nessa sociedade, por não contribuírem para a legitimação da racionalidade burguesa e, sendo assim, a burguesia equacionou o problema político e econômico que representava a loucura, deslocando-a para a dimensão técnica, tornando-a administrável, medicalizando-a, tutelando-a à psiquiatria. A figura do louco foi associada à periculosidade como categoria jurídica e moral que antecedem a sua vida civil. “Posto como inimputável e incapaz, forja-se um duplo movimento de psiquiatrização do crime e criminalização da loucura” (DELGADO, 1992, p. 58 Apud ROSA, 2008).

Optamos, nesse escrito, em articular a discussão foucaultiana acerca da biopolítica no campo da saúde mental à obra literária machadiana, mas sem deixarmos de reconhecer e de destacar importantes obras científicas que dialogam com esse debate e que foram problematizadas e publicadas por autores nacionais (COSTA, 2006; ENGEL, 2001; MACHADO, 1978) a partir de análises do processo de transformação e de construção da loucura em alienação mental/doença mental, logo, em objeto de saber/estudo e de prática/intervenção médica.

Faz-se mister enfatizar a contribuição de Magali Gouveia Engel a partir de sua obra “Os delírios da razão: médicos, loucos e hospícios (Rio de Janeiro, 1830-1930)”, uma profícua publicação no campo da saúde mental no Brasil, na qual a autora empreende uma análise genealógica acerca dos discursos e das estratégias de poderes disciplinares em um momento histórico/social que coincide com o recorte temporal da obra machadiana, o século XIX, “período em que a loucura era apropriada e transposta paulatinamente para o universo da alienação mental” (FACCHINETTI, 2002, p. 718).

Na obra “História da Psiquiatria no Brasil: um recorte ideológico”, publicada na década de 1970, Jurandir Freire Costa (2006) demonstrou como o contexto cultural influenciou as teorias psiquiátricas, tomando como objeto de estudo o pensamento psiquiátrico da Liga Brasileira de Higiene Mental, no período de 1928 a 1934. Uma das imprescindíveis contribuições desse estudo foi a compreensão sobre como a psiquiatria brasileira estabeleceu os parâmetros do saber psiquiátrico moderno, a partir da década de 1930, mediante a justaposição dos discursos organicista, preventivista e psicoterápico, em função de estratégias de poder/saber diversificadas, entre as quais, o reconhecimento

científico, o prestígio político-profissional e os interesses corporativos e econômicos.

Machado et al (1978) desenvolveram um estudo de inspiração foucaultiana que objetivou compreender o papel da medicina moderna na sociedade e sua ambição como instrumento técnico-científico a serviço do Estado. Os autores desenvolveram uma análise acurada dos conceitos básicos da medicina social e da psiquiatria brasileiras, situando seus saberes enquanto práticas sociais. Não se propuseram a julgar a cientificidade da medicina, mas a analisar que novo tipo de saber e que novo tipo de poder ela passou a representar, desvendando o papel que desempenham as instituições sociais como meios de controle dos indivíduos e das populações. Assim como outros contemporâneos, a exemplo de Caponi (2012), esses autores envidaram esforços no sentido de compreender os mecanismos e estratégias através das quais avança a medicalização da sociedade, desde o século XVIII.

Este é o contexto que nos leva como leitores a refletir sobre as estratégias de biopoder e biopolítica que se estabelecem em torno da loucura, enquanto fenômeno social, a partir do século XVIII, em *O Alienista* de Machado de Assis (2011).

2.Síntese do enredo de “O Alienista”, de Machado de Assis

Simão Bacamarte é o protagonista. Médico conceituado em Portugal e na Espanha, decide enveredar-se pelo campo da psiquiatria e inicia um estudo sobre a loucura e seus graus, classificando-os. Funda a Casa Verde, um hospício na vila de Itaguaí, e o abastece de cobaias humanas. Passa a internar todas as pessoas da cidade, e vilarejos vizinhos, que ele julgue loucas; o vaidoso, o bajulador, a supersticiosa, a indecisa, etc. Costa, rapaz pródigo que dissipou seus bens

em empréstimos infelizes, foi preso por mentecapto. A tia de Costa que intercedeu pelo sobrinho também foi trancafiada. O mesmo acontece com o poeta Martim Brito, amante das metáforas, internado por que se referiu ao Marquês de Pombal como o “dragão aspérrimo do Nada”. Nem D. Evarista, esposa do Alienista, escapou: indecisa entre ir a uma festa com o colar de granada ou o de safira, também foi colocada na sua lista de loucos. O boticário, os inocentes aficionados em enigmas e charadas, todos eram loucos. No começo, a vila de Itaguaí aplaudiu a atuação do Alienista, mas os exageros de Simão Bacamarte ocasionaram um motim popular, denominado a rebelião das canjicas, liderada pelo ambicioso barbeiro Porfírio, que acaba vitorioso, mas, em seguida, compreende a necessidade da Casa Verde e alia-se a Simão Bacamarte. Há uma intervenção militar e os revoltosos são trancafiados no hospício, ocasião em que o alienista recupera seu prestígio. Entretanto, Simão Bacamarte chega à conclusão de que quatro quintos da população internada eram casos a repensar. Inverte o critério de reclusão psiquiátrica e recolhe a minoria: os simples, os leais, os desprendidos e os sinceros.

O alienista, contudo, imbuído de seu rigor científico, percebe que os germes do desequilíbrio prosperam porque já estavam latentes em todos. Analisando bem, Bacamarte verifica que ele próprio é o único sadio e reto. Por isso, o sábio internou-se no casarão da Casa Verde, onde morreu dezessete meses depois. Apesar do boato de que ele seria o único louco de Itaguaí, recebeu honras póstumas.

Como se pode perceber, através da obsessão científica do Dr. Simão Bacamarte e de suas consequências para a vida de Itaguaí, Machado de Assis (2011) faz neste livro a crítica da importação indiscriminada de teorias deterministas e positivistas em nosso país.

3. Loucura, Biopoder e Biopolítica em “O Alienista”

A questão do poder e da loucura, presentes em *O Alienista* (ASSIS, 2011), passa, em primeiro lugar, por uma discussão do papel da ciência no século XIX, sobretudo com o aparecimento das ideias positivistas de Comte. A segunda metade do século XIX foi marcada por uma onda de cientificismo e materialismo trazidos pela Revolução Industrial e seu amplo progresso científico e tecnológico.

Assim, buscando criticar as ideias tidas como verdadeiras, acerca da razão e do discurso científico, Machado de Assis tenta questionar os limites entre razão e loucura, entre normalidade e anormalidade, investindo na legitimação tanto da ideia do internato como instrumento necessário para o tratamento das pessoas cientificamente diagnosticadas como loucas, bem como do discurso médico, que primava pela certeza desse diagnóstico, ao criar “verdades” que apontavam para a necessidade de legitimar certos comportamentos como corretos ou doentios.

E qual a relação exata entre o tratamento temático dado pelo escritor realista e o fenômeno da loucura estudado pelo filósofo francês Michel Foucault? Como sabemos, Foucault (1994, 2005) não buscou definir o poder, mas problematizar esse conceito a partir da ideia de que o saber em alguns momentos é posto de forma arbitrária como detentor da verdade, criando assim um discurso “positivo”. No caso do conto machadiano, Simão Bacamarte vai buscar produzir essa ideia na pequena cidade de Itaguaí no Rio de Janeiro, valendo-se de seu poder de médico e psiquiatra para determinar qual o procedimento que deve ser utilizado na cura de cada tipo de loucura.

Em Foucault (1994, 2005), saber e verdade são colocados numa forte relação de complementaridade, pois, segundo o filósofo, não

pode haver verdade se não houver quem possa deter o saber, ou seja, a verdade só tem sentido numa relação de conhecimento. Dessa forma, o Dr. Simão, médico formado na Europa, vai trazer para a cidade de Itaguaí um conhecimento até então não experimentado pela população, e é por isso que o médico consegue convencer as pessoas de suas declarações sobre a loucura e a sanidade. Nesse sentido, Simão passa a instituir a verdade, sobretudo pelo fato de que os loucos viviam soltos, sem que passassem por um tratamento adequado, segundo o discurso e a verdade científica imposta por seus conhecimentos em psiquiatria.

A vereança de Itaguaí, entre outros pecados de que é arguida pelos cronistas, tinha o de não fazer caso dos dementes. Assim é que cada louco furioso era trancado em uma alcova, na própria casa, e, não curado, mas descurado, até que a morte o vinha defraudar do benefício da vida; os mansos andavam à solta pela rua. Simão Bacamarte entendeu desde logo reformar tão ruim costume; pediu licença à Câmara para agasalhar e tratar no edifício que ia construir todos os loucos de Itaguaí, e das demais vilas e cidades, mediante um estipêndio, que a Câmara lhe daria quando a família do enfermo o não pudesse fazer (ASSIS, 2001, p. 105).

É esse pensamento positivista e racionalista e o direito à verdade, por parte da ciência, que Machado questiona em sua narrativa e que Foucault (1994, 2005) também o faz em seus diversos estudos sobre o poder. Ou seja, quem afinal é o detentor da verdade? Quem de fato pode legitimar a verdade? No conto em questão, o Dr. Simão Bacamarte pede licença à Câmara de Vereadores para autorizar seus estudos sobre a loucura da população. Com isso, vemos que Machado critica a legitimação real do poder, instituída através das micro relações sociais, que

como sabemos, foi o toque de saída dos estudos de Foucault sobre a genealogia do poder. Assim, o asilo, no caso do conto O Alienista, a Casa Verde, local para onde foram levados os loucos de Itaguaí, funciona como o abrigo (o dispositivo) em que a psiquiatria vai exercer sua prática terapêutica, conforme apontou Foucault em seus estudos (FOUCAULT, 2006). A permanência dos doentes na Casa Verde seria a estratégia ideal, aquilo que Foucault denomina de técnicas de poder, para conseguir vigiar e servir também de instrumento de observação de sintomas para se inquirir e inspecionar o doente e poder, assim, solucionar a doença. Sobre este aspecto, chama a atenção a proximidade e atualidade da narrativa machadiana, em relação aos escritos de Michel Foucault sobre o manicômio (FOUCAULT, 2008). Conforme afirma o narrador:

A instituição asilar em si (...), tem efetivamente por função e por efeito suprimir, não digo a loucura, mas os sintomas da loucura, ao mesmo tempo em que o poder psiquiátrico que se exerce no interior e que fixa os indivíduos no asilo tem por função realizar a loucura (ASSIS, 2001, p. 112).

A posição de Foucault (2005) sobre a função do hospital psiquiátrico do século XIX é congruente à de Machado de Assis: lugar de diagnóstico e de classificação [...], espaço fechado para o confronto, lugar de disputa, de vitória e submissão. O grande médico do asilo – “Mestre da Loucura” - é aquele que pode dizer a verdade da doença pelo saber que dela tem, aquele que pode produzir a doença em sua verdade e submetê-la pelo poder que sua vontade exerce sobre o próprio doente, num jogo em que está em questão é o sobre-poder do médico, que cria, assim, um critério de verdade.

De forma bastante direta e realista, o leitor de “O Alienista” pode refletir sobre as questões econômicas e políticas que determinaram a medicalização da loucura a partir do século XVIII. Destacamos o trecho em que Dr. Simão Bacamarte sugere que D. Evarista viaje ao Rio de Janeiro com sua tia e, para provar-lhe que dispunha de recursos para tão dispendiosa viagem, mostra-lhe o livro caixa da Casa Verde.

- Oh! Mas o dinheiro que será preciso gastar! Suspirou D. Evarista sem convicção. – Que importa? Temos ganho muito, disse o marido. Ainda ontem o escriturário prestou-me contas. Queres ver? E levou-a aos livros. D. Evarista ficou deslumbrada. Era uma via – láctea de algarismos. E depois levou-a às arcas, onde estava o dinheiro. Deus! Eram montes de ouro, eram mil cruzados sobre mil cruzados, dobrões sobre dobrões – era a opulência. Enquanto ela comia o ouro com os seus olhos negros, o alienista fitava-a, e dizia-lhe ao ouvido com a mais pérfida das alusões: - Quem diria que meia dúzia de lunáticos... D. Evarista compreendeu, sorriu e respondeu com muita resignação: - Deus sabe o que faz! (ASSIS, 2001, p.100)

Foucault (1999, p. 36-37) nos adverte que, ao analisar as formas regulamentadas e legítimas de poder, devemos nos ater a certas precauções de método. Para o autor, no caso da loucura, é fácil, numa análise descendente, mostrar que a burguesia tornou-se, a partir do fim do século XVI e início do século XVII, a classe dominante e que o louco, “sendo precisamente aquele que é inútil na produção industrial” deva ser descartado. Mas justamente ao contrário, numa análise ascendente do fenômeno geral de dominação da classe burguesa, percebe-se a micromecânica do poder. Não houve, na ótica de Foucault (1999), a burguesia que pensou que a loucura deveria ser excluída, mas sim os

mecanismos de exclusão da loucura, que produziram um certo lucro econômico e utilidade política, fazendo o sistema se solidificar e funcionar em seu conjunto. A burguesia, nas palavras do autor, não se interessava pelos loucos, mas pelo poder que incidia sobre os loucos. A função dos asilos passou a ser terapêutica, uma vez que Phillipe Pinel já havia concebido a alienação mental como um distúrbio das funções intelectuais do sistema nervoso, e instituído o tratamento moral do louco, baseado na organização do espaço asilar e na disciplina rígida (CAPONI, 2012).

Outro ponto importante que se pode perceber no conto machadiano e que se relaciona fortemente com os estudos foucaultianos está na maneira como o Dr. Simão Bacamarte agiu no tocante à seleção dos loucos por cada tipo de comportamento. A loucura passa a ser observada e inquirida pelo médico que passa a realizar determinadas classificações levando em conta os sintomas de cada doente.

Uma vez desonerado da administração [da Casa Verde], o alienista procedeu a uma vasta classificação dos seus enfermos. Dividiu-os primeiramente em duas classes principais: os furiosos e os mansos; daí passou às subclasses, monomanias, delírios, alucinações diversas. Isto feito, começou um estudo aturado e contínuo; analisava os hábitos de cada louco, as horas de acesso, as aversões, as simpatias, as palavras, os gestos, as tendências; inquiria da vida dos enfermos, profissão, costumes, circunstâncias da revelação mórbida, acidentes da infância e da mocidade, doenças de outra espécie, antecedentes na família, uma devassa, enfim, como a não faria o mais atilado corregeador. E cada dia notava uma observação nova, uma descoberta interessante, um fenômeno extraordinário. Ao mesmo tempo

estudava o melhor regime, as substâncias medicamentosas, os meios curativos e os meios paliativos, não só os que vinham dos seus amados árabes, como os que ele mesmo descobria, à força de sagacidade e paciência (ASSIS, 2001, P. 115).

Percebe-se, portanto, que a Casa Verde, local de experiência do Dr. Simão Bacamarte, transforma-se, de acordo com a ótica de Foucault (2008), em um espaço de normatização, de constituição do sujeito, que ele estuda em sua “ontologia do presente”. Nesse sentido, saber, poder e subjetivação fortalecem aquilo que o filósofo chamou de “lugares de experiência”, que teriam sido importantes para a nossa cultura e que, de algum modo, constituíram o presente tal qual o conhecemos. É através dos estudos desses mecanismos de normatização que Foucault vai mostrar como se processa o domínio dos corpos de cada pessoa, fazendo com que a norma se configure como um princípio de exclusão ou mesmo de integração relativamente às práticas dos indivíduos. E é isso que vemos na leitura de O Alienista.

4. Considerações Finais

De acordo com o pensamento da noção de biopolítica, como normatização juridicamente imposta e como forma de controle das populações, percebemos que o pensamento de Foucault pode ser aproveitado nos estudos do conto machadiano, que se utilizou de uma forte crítica ao poder da ciência e aos mecanismos de normatização por ela impostos mostrando, em contrapartida, a insuficiência de um modelo jurídico, que acabou por privilegiar o problema da legitimidade, apoiado em um modelo institucional, cuja referência principal seria o papel do Estado e de suas instituições. Através desse estudo sobre “O Alienista”, foi possível compreender a atualidade, autenticidade e validade desse conto enquanto crítica à medicalização da sociedade, processo vinculado ao liberalismo nas sociedades ocidentais. Nesse contexto, o saber médico-psicológico tornou-se instrumento de uma política de gestão diferencial das populações (CASTEL, 1981). Os escritos machadianos aguçam nossa atenção, a fim de que não subestimemos o papel dos contextos históricos na produção de teorias, resultando na

reprodução do “esquema geral de atrelamento da Psiquiatria a objetivos político-sociais estranhos à micro ou à macropolítica psiquiátricas” (COSTA, 2006, p. 10).

5. Referências

ASSIS, Machado de. O Alienista. In: Melhores Contos de Machado de Assis. Seleção Domício Proença Filho. 13 ed. São Paulo: Global, 2001. p. 93 - 133.

CAPONI, Sandra. Loucos e Degenerados. Uma genealogia da Psiquiatria Ampliada. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2012. 210 p.

CASTEL, Robert. A Gestão dos Riscos. Da antipsiquiatria à pós-psicanálise. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1981. 198 p.

COSTA, Jurandir Freire. História da Psiquiatria no Brasil. Um Corte Ideológico. 5 ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2006. 136 p.

ENGEL, Magali Gouveia. Os delírios da razão: médicos, loucos, e hospícios (Rio de Janeiro, 1830-1930). Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2001. 352 p.

FACCHINETTI, Cristiana. Sobre a razão delirante. História, Ciências, Saúde. Manguinhos, Rio de Janeiro, vol. 9, n. 3, p. 717-20, set-dez. 2002.

FOUCAULT, Michel. História da Sexualidade I. A vontade de saber. Lisboa: Relógio D'Água Editores, 1994. Cap. V- Direito de morte e poder sobre a vida.

_____. Em defesa da sociedade: curso no College de France (1975-1976). São Paulo: Martins Fontes, 1999. Aula de 07 de janeiro de 1976 e Aula de 14 de janeiro de 1976.

_____. Microfísica do Poder. 21 ed. São Paulo: Paz e Terra, 2005. Cap. VI: O nascimento do hospital e VII: A casa dos loucos, p. 99-128.

_____. O poder psiquiátrico. Curso do College de France (1973-1974); tradução de Eduardo

Brandão. São Paulo: Martins Fontes, 2006. Coleção Tópicos.

_____. Vigiar e Punir. Nascimento da prisão; tradução de Raquel Ramallete. 35. Ed. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 2008. 288 p.

MACHADO, Roberto et al. Danação da Norma: Medicina social e constituição da psiquiatria no Brasil. Rio de Janeiro: Edições Graal, 1978. 559 p.

ORTEGA, Francisco. Biopolíticas da Saúde: reflexões a partir de Michel Foucault, Agnes Heller e Hannah Arendt. *Rev. Interface, Comunicação, Saúde e Educação*, v.8, n.14, p.9-20, 2004.

ROSA, Lucia. Transtorno Mental e o Cuidado na Família. 2 ed. São Paulo: Cortez, 2008. 367 p.



Automação da Gestão da Informação Corporativa: Registro Diário de Ocorrência em uma Obra Industrial

Corporate Information Management Automation: Industrial Construction Occurrence Daily Record

Submetido em 06.03.14 | Aceito em 15.05.14 | Disponível on-line em 20.08.14



Artigo

Alvaro Antonio Ochoa Villa* e Heber Cláudius Nunes Silva

Departamento de Mecânica, Refrigeração e Climatização – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco. Av. Prof. Luiz Freire, 500 – CDU. CEP 50740-540 Recife - PE. | ochoaalvaro@recife.ifpe.edu.br

Helder Henrique Diniz e Andres Dias

Departamento de Engenharia de Produção – Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Engenharia de Produção. Av. Prof. Moraes Rego, 1235 – Cidade Universitária. CEP 50670-901 Recife - PE

RESUMO

Este trabalho diz respeito à construção civil industrial, precisamente ao registro diário de ocorrências, muito conhecido nessa área como Registro Diário de Ocorrência (RDO). Estabeleceu-se como objetivo deste estudo resolver o problema da lentidão do processo manual e falta de rastreamento das informações do RDO, por meio de uma análise crítica sobre o trâmite manual dos registros da obra. A metodologia utilizada foi a Rational Unified Process (RUP), indicada para o desenvolvimento de sistema de informação. Foi analisado e definido um novo fluxo de informação, responsabilidades para gerências, além do desenvolvimento e implantação de um sistema de informação que substituiu o processo manual. Os resultados dessa implementação foram significativos e imediatos, conforme apontam os indicadores: os RDOs corretos passaram de 7% para 100% e os erros foram reduzidos a 0%.

Palavras-chaves: Gerenciamento, Sistemas de Informação, Automação da Informação, Registro de Obra.

ABSTRACT

This work aimed at the construction industry in relation to the subject of daily record of events, well known as ORD. The objective of this work is to solve the problem of slow manual process and lack of tracking information ORD, through a critical analysis of the records of the proceeding manual work. The Methodology used was the RUP, indicated for the development of information systems. It was analyzed and defined a new stream of information for managerial responsibilities, and also the development and implementation of the information system which replaced the manual process. The results of this implementation was immediate and significant, as it is shown in the indicators with the increased from 7% to 100% of the correct RDO's and also the errors have been reduced to 0%.

Keywords: Management, Information Systems, Automation of information, Work record..

1. Introdução

Os grandes avanços da sociedade no final do século XX acabaram modificando o dia a dia das pessoas e das empresas. Em relação às empresas, tais avanços impulsionaram a melhoria dos controles dos processos produtivos das atividades, principalmente os das indústrias.

A concorrência acirrada é uma característica dos tempos atuais e quaisquer melhorias nos processos produtivos resultam em

diferenciais competitivos em relação aos concorrentes e à imagem no mercado (REGINATO e GRACIOLLE, 2012). Além da disputa externa com os concorrentes, as empresas ainda dependem de ou possuem muitos processos com muitas intervenções humanas e procedimentos manuais que precisam ser bem monitorados a fim de evitarem falhas nas variáveis críticas para o sucesso, sejam elas decorrentes de acidentes, retrabalhos, custos desnecessários de naturezas

improdutivas, como mão de obra, equipamentos, impactos ambientais e extensão no prazo final no projeto (NETO et al., 2013; PINTO et al., 2013). Sabe-se, contudo, que controles manuais dificultam as tomadas de decisões e, em alguns momentos, a lentidão dos processos prejudica a consolidação das informações, gerando ruído de comunicação na empresa.

A área de melhoria contínua de processo traz resultados significativos, ou seja, soluções que refletem no mapeamento de processos organizacionais. Muitas melhorias de processos resultam da conversão de processos manuais em automatizados, utilizando-se, ou não, sistemas de informação. Com a automatização da informação, o processo é realizado de forma rápida e rastreável, atribuindo-se responsabilidades às gerências envolvidas (NETO et al., 2013).

Ocorrem problemas referentes à gestão da informação no cotidiano dos projetos civis industriais, devido à lentidão e à falta de rastreamento das informações do controle manual no RDO. Isso acaba gerando ruído de comunicação na empresa, o que resulta em atrasos nas tomadas de decisões, como pode ser visto no trabalho apresentado por Fernandes e Leite (2002), que apontaram a importância de analisar os processos com foco na automação e em sistemas informatizados com a gestão da produção na fundição de empresas no segmento industrial. Do mesmo modo, Oliveira (2010) focalizou os sistemas de informação e a importância deles nos processos internos decisórios das organizações.

A automação de sistemas é importantíssima em toda empresa, principalmente naquelas em que existem processos com muitas intervenções manuais, como o caso do RDO, pois como concentrador receberá os registros diários das ocorrências e

signalizará as ocorrências impactantes do projeto, dando subsídios aos gestores para tomarem decisões (RAMOS, 2011; BERSSANETI et al., 2012; LUNARDI et al., 2012).

A tomada de decisão é orientada com base em dados tangíveis, que possuem rastreabilidade com a identificação das gerências envolvidas. Caregnato et al. (1998), por exemplo, demonstraram, em estudo de caso, o processo de automatização sistêmico, utilizando a tecnologia da informação (TI), principalmente a referente aos sistemas de informação (SI), no levantamento do desenvolvimento do Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

A implantação da automação do RDO alinha as informações da obra com os diversos níveis de gestão no sistema de informação, que atua de forma sinérgica desde a alta gestão, responsável pela tomada de decisão estratégica, até os executores do projeto, que possuem o controle e poder tangível para a tomada de decisão.

Siewert e Dalfovo (2007), por sua vez, realizaram um levantamento sobre o nível de utilização do sistema de informação como instrumento de apoio à decisão nas grandes empresas têxteis cadastradas no Sindicato das Indústrias Têxteis de Blumenau – Santa Catarina (SINTEX). Os resultados mostraram que, apesar de identificar-se um alto nível de uso dos sistemas de informações nas organizações, ainda existem muitos processos manuais a serem explorados para gerarem os dados registrados em informações de valor que sejam fáceis de serem interpretadas e, assim, servirem de informações para a tomada de decisão dos gestores nas organizações.

Posteriormente, Dantas (2008) abordou temas relacionados à gestão da informação em organizações e também às estratégias que podem ser utilizadas para ampliarem a

vantagem competitiva no mercado empresarial. Ele apontou a importância da informação no mundo globalizado, onde as empresas precisam se preocupar com os concorrentes e com sua inserção no contexto da informação.

Em estudo posterior, Cortes (2009) expôs, em uma abordagem sistêmica, a realidade do mercado atual em relação à informatização dos processos. Acentuou a importância da informação rápida e confiável como vantagem competitiva de mercado e como auxílio à empresa na captura dos dados e gerenciamento interno das informações.

Sabe-se que o processo manual atrapalha a consolidação das informações, pois acarreta falta de comunicação entre as gerências, fiscalização e, conseqüentemente, implica uma tomada de decisão de forma lenta devido à difícil rastreabilidade dos registros diários de obra (BERSSANETI et al., 2012). Vários trabalhos vêm mostrando, então, a importância de utilizarem-se sistemas de informação para aumentar a eficiência de processos, reduzindo o tempo de execução de atividades (PETERS, 2001; BARROS, 2005; LUNARDI et al., 2012; BARBOSA et al., 2002).

Nessa perspectiva, RODRIGUES (2009) enfatizou a relação entre a gestão do conhecimento e as estratégias competitivas ligadas ao gerenciamento das informações oriundas da produção. Levando em consideração a competitividade no mercado de produção de produtos e serviços, esse autor apontou que a gestão do conhecimento precisa de uma ferramenta para transformar os dados em informações úteis, resultando, assim, em uma estratégia competitiva para a empresa.

Finalmente, Ochoa et al. (2013) demonstraram a importância de automatizar as informações, para poder-se controlar e monitorar diferentes parâmetros da produção do cimento a fim de aumentar-se a qualidade e

satisfação dos clientes. Os dados foram coletados, monitorados, analisados e lançados por meio de um software chamado PI System. Foi utilizado o diagrama de causa e efeito, assim como a metodologia dos 5 (cinco) porquês. A partir dos resultados obtidos com a aplicação do controle estatístico de processo (CEP), foram sugeridas melhorias que contribuíram com o aperfeiçoamento dos processos produtivos, o que implicou a redução dos custos de produção.

O presente trabalho tem como objetivo a análise e a avaliação do processo de registro diário de obra por meio da implementação de um sistema de informações para o gerenciamento e controle aplicado no segmento da construção civil, com o propósito de verificar a viabilidade da utilização da tecnologia da informação para automatizar-se esse procedimento.

2. Materiais e métodos

A empresa analisada executa projetos de obra civil industrial de grande porte no segmento óleo e gás. A metodologia RUP foi utilizada no projeto do RDO, conforme demonstram os tópicos a seguir.

2.1 Metodologia RUP

O RUP é uma metodologia empregada no acompanhamento de desenvolvimento, com qualidade, de software. Essa metodologia foi criada pela empresa Rational Software, que atualmente pertence à IBM. As fases dessa metodologia são: Concepção, Elaboração, Construção e Transição.

2.1.1 Concepção do sistema

A fase de concepção do sistema é caracterizada pela tarefa mais desafiadora, pois envolve a criatividade no que se refere à concepção de um novo sistema. Essa fase é responsável pelo mapeamento das necessidades do negócio da empresa, ou seja, por uma solução técnica por meio de detalhamentos físicos que garantem a viabilidade do sistema, segurança e capacidade apropriada. Isso porque, enquanto a análise de sistema apresenta o que o sistema necessitará fazer para atender às necessidades de informação da empresa e dos usuários finais, no transcorrer da concepção de sistemas aponta-se como deverão ser satisfeitos esses requisitos por meio do desenvolvimento das especificações detalhadas das funcionalidades que o sistema deverá assegurar (LARMAN, 2004).

Os aspectos, aos quais são acrescidas especificações detalhadas para a construção do sistema, são os seguintes: a interface, os dados, os processos e o ambiente técnico.

2.1.2 Elaboração

Nessa fase é analisado o domínio do problema com o propósito de desenvolver-se um projeto e assim definir-se a fundação da arquitetura, eliminando-se os elementos de alto risco. Os elementos de risco a serem avaliados nessa fase são as tecnologias a serem utilizadas no projeto, além da capacidade dos colaboradores do projeto e as questões políticas. A elaboração é a fase mais crítica de todas as etapas do projeto do sistema, pois, no final dessa etapa, todo o escopo do projeto será definido, bem como seu custo e qualquer alteração de alguma parte do desenvolvimento do sistema. Isso pode gerar retrabalho e prejuízos à medida que as etapas do projeto avançam.

2.1.3 Construção

2.1.3.1 Análise de Sistemas

Essa etapa de desenvolvimento dos sistemas compreende um levantamento criterioso dos requisitos de informação e dos usuários finais, atividades, recursos e possíveis sistemas disponíveis. Nessa fase, identifica-se detalhadamente a natureza do processo e o funcionamento dele, ou seja, o fluxo de informação do negócio da empresa. Os objetivos do sistema também devem ser levados em consideração nesse momento (LARMAN, 2004).

Os requisitos aos quais o sistema almeja atender deverão ser criteriosamente analisados para construir-se um cenário simplificado da realidade, ou seja, visualiza-se apenas o processo a ser automatizado e os limites dele. Dessa forma, buscam-se especificar as características dos sistemas de informação necessários para satisfazerem-se as necessidades de informação, em particular, dos utilizadores e, em geral, da organização.

2.1.3.1.1 UML (Unified Modeling Language)

A Linguagem de Modelagem Unificada (UML) é uma linguagem que serve para a concretização de uma padronização no desenvolvimento de sistemas. Essa linguagem evidencia a elaboração e visualização dos elementos presentes no desenvolvimento de sistemas de informação, como, por exemplo, os diagramas. Trata-se de uma linguagem muito expressiva, já que abrange todas as visões indispensáveis ao desenvolvimento e à implantação dos sistemas de informação, principalmente os empresariais distribuídos a aplicações baseadas em Web, e também aos

Sistemas complexos de tempo real (BOOCH et al., 2006).

Para que o desenvolvimento de um projeto de sistemas de informação tenha êxito, a linguagem UML estabelece alguns diagramas e modelos de desenvolvimento que têm como função a especificação, visualização, construção e documentação dos componentes de um sistema de informação, ou seja, o software. O padrão UML possui diagramas que possibilitam a representação de sistemas de informação em diferentes dimensões. Assim, promove a comunicação entre todos os envolvidos no desenvolvimento de um sistema de informação, que podem ser programadores, analistas de sistemas, coordenadores e gerentes (BOOCH et al., 2006).

2.1.3.1.2 Diagramas da UML

- Diagrama de Caso de Uso: responsável pela representação dos comportamentos que o sistema deve executar para um determinado ator;
- Diagrama de Classes: representa as classes e seus inter-relacionamentos;
- Diagrama de Objetos: representa, em tempo de execução, os objetos do software e seus inter-relacionamentos;
- Diagrama de Colaboração: representa um conjunto de objetos que trabalham em conjunto para atender a um procedimento do sistema;
- Diagrama de Sequência: representa um aspecto, orientado por tempo, da coparticipação entre os objetos;
- Diagrama de Atividades: representa o fluxo em que a tarefa pode ser executada;
- Diagrama de Estados: representa os estados dos objetos;

- Diagrama de Componentes: demonstra uma coleção de componentes e seus relacionamentos;
- Diagrama de Depuração: representa um conjunto de componentes e demonstra seus relacionamentos;
- Diagrama de Pacotes: mostra o conjunto de elementos de modelagem e os diagramas.

2.1.4 Codificação

Na fase de construção de sistema, ou seja, na etapa de codificação em alguma linguagem de programação, são feitas as atividades técnicas. Assim, em tudo que foi levantado nas etapas anteriores, deverão ser utilizados recursos de software e hardware, os quais serão responsáveis pelas tarefas descritas nos requisitos de informação, que, documentados tecnicamente, serão utilizados pela equipe de desenvolvimento (LARMAN, 2004).

É na construção de sistema que é designado o meio de aquisição ou desenvolvimento do software e do hardware necessário, a documentação, a integração de todos os itens em um sistema de informação funcional e em conformidade com as especificações do sistema. Nessa fase também deverão ser levados em consideração os testes de softwares (LARMAN, 2004; BOOCH et al., 2006).

2.1.4.1 Model View Controller (MVC)

O Model View Controller (MVC) é constituído por uma arquitetura que visa a formar uma estrutura que viabilize aos desenvolvedores manter uma separação entre a lógica do negócio e a interface do usuário,

utilizada como modo de exibição (LARMAN, 2004).

O modelo MVC utilizado foi o de 3 (três) camadas:

- a camada de apresentação, que é a interface, ou seja, todos os elementos visuais do sistema que interagem, ou não, com os usuários. Essa camada é responsável pela entrada de dados e pela apresentação de resultados para o usuário;
- a camada de negócio, responsável pela modelagem dos dados e pelo comportamento atrás do procedimento de negócios. É responsável, também, pelo processamento da informação, geração de dados e armazenamento. Nessa camada, é escrita toda a codificação da regra de negócio do sistema;
- a camada de dados, responsável por produzir o fluxo da apresentação, é uma camada intermediária que liga a camada de apresentação à camada de negócio. Essa camada é responsável pelo acesso ao banco de dados, alterando os dados trabalhados na camada de negócio.

2.1.4.2 Linguagem de programação

A linguagem de programação é um procedimento padronizado para transmitir instruções a um computador, ou seja, é um conjugado de regras sintáticas e semânticas utilizadas para criarem um programa de computador. Essa linguagem possibilita que um programador execute exatamente sobre quais dados um computador vai processar, ou como esses dados serão transmitidos, processados ou armazenados e quais atos devem ser assumidos

diante das circunstâncias programadas. As linguagens de programação podem ser utilizadas na construção de algoritmos com maior precisão (BOOCH et al., 2006).

2.1.5 Transição

Nessa etapa do projeto, o sistema está concluído e é iniciada a fase de implantação dele. Na fase de implantação, ocorre o processo que torna o sistema proposto operacional no domínio na empresa, ou seja, coloca o sistema de informação proposto em produção. O ponto mais crítico dessa fase são as instalações de equipamentos ou recursos adicionais de softwares e hardwares utilizados pelo sistema proposto (LARMAN, 2004).

Outro fator que precisa ser levado em consideração na implantação de sistemas é o momento em que ocorre a migração de dados de sistemas antigos. Essa etapa deverá ser planejada detalhadamente para evitar situações desagradáveis que comprometam a credibilidade dos usuários no novo sistema. O treinamento dos usuários para o novo sistema também é executado nessa etapa.

2.2 Manutenção de sistemas

A manutenção de sistemas é uma fase constante, pois, quando o sistema entra em operação, isso não implica que ele seja modificado, ou seja, sempre existirá necessidade de manutenção e desenvolvimento (LARMAN, 2004; BOOCH et al., 2006).

3. Desenvolvimento e Implementação do sistema

3.1 Concepção

Neste trabalho, a fase de concepção foi realizada por meio de reuniões com a gerência

da contratada e a fiscalização a fim de entender-se melhor todo o processo. A gerência de administração contratual também interferiu nessa etapa visando a buscar itens contratuais relevantes para o RDO. Nessa etapa, concluiu-se que a maioria dos problemas era de origem humana devido ao volume de informação consolidada e gerenciada manualmente; por isso, foi decidido que o RDO deveria ser automatizado.

3.2 Elaboração

Nessa etapa, avalia-se a capacidade do setor de automação de sistemas, a fim de mensurar os recursos computacionais e humanos alocados no setor. A partir da conclusão do relatório de viabilidade de desenvolvimento com os recursos próprios, o gerente de contratos conseguiu autorizar o desenvolvimento do RDO com os recursos disponíveis no setor de automação. Para isso, houve paralisação de projetos menos críticos a fim de relocarem-se recursos para o projeto da automação do RDO, o que acabou não gerando ônus financeiro para a empresa.

3.3 Construção

3.3.1 Definição das responsabilidades no processo do RDO

Como se verificou que a falta de rastreabilidade e velocidade para obter informação estava prejudicando tomadas de decisão, viu-se como necessária a implementação de um sistema do RDO para um melhor desempenho do processo de produção. A partir de reuniões com a gerência de contrato, percebeu-se que, além da informatização do RDO, as responsabilidades nesse processo deveriam ser alteradas. Chegou-se, assim, às seguintes constatações:

- a Gerência de Administração Contratual deveria ser a nova responsável pelo RDO, uma vez que o RDO poderia ser utilizado para futuro pleitos, sejam eles de grandeza financeira ou de extensão no prazo final do projeto;
- o RDO deveria passar a ser registrado pelas gerências da obra no prazo Dia+1 até as 10h, ou expediente útil anterior. Após esse tempo, o RDO deveria ser colocado em modo de consolidação pela Gerência de Administração Contratual. A administração contratual poderia registrar mais ocorrências, caso julgasse necessário, antes de encaminhar o RDO para a fiscalização. O RDO deveria ser diário, com entrega à fiscalização em Dia+1;
- A coordenação de automação de sistemas seria responsável pela importação do efetivo e mobilizador de equipamentos no banco de dados do RDO, evitando o trabalho manual de informações pelos colaboradores da Gerência de Administração Contratual.

3.4 Estrutura do novo sistema do RDO

3.4.1 Requisitos

Nessa fase, foram levantados os requisitos do sistema, que são um conjunto de atividades que o sistema deverá desempenhar, o que incluiu também as limitações, restrições e as propriedades ligadas diretamente às funcionalidades desempenhadas pelo sistema. Nessa etapa, foi utilizada a compreensão, concisão e detalhamento na descrição dos requisitos do sistema, gerando um produto final com alto nível de qualidade, o que promoveu a satisfação do cliente.

3.4.2 Atores do sistema

Nessa etapa, foram identificados os elementos que utilizam os recursos do sistema e, com a ajuda da linguagem da Unified Modeling Language (UML), foram identificados os atores responsáveis pela interação com as funcionalidades do sistema. Abaixo estão registrados os atores mapeados para o novo sistema de RDO on-line. A Figura 1 mostra um esquema ilustrativo dessa fase.

- [ator01] público: solicita acesso ao sistema, cadastrando e fazendo login no sistema;
- [ator02] operador: cadastra atividades do RDO;
- [ator03] supervisor: cadastra atividades do RDO e modifica atividades de outros usuários da sua gerência;
- [ator04] gerente: responsável pela gestão dos seus colaboradores, dá acesso e restringe os usuários da sua gerência; também é responsável pelas atividades cadastradas, podendo excluí-las antes de o RDO ser consolidado;
- [ator05] consolidador da contratada: elabora o RDO do consórcio, selecionando, modificando e excluindo. Além disso, pode registrar atividades e é responsável por encaminhar o RDO para a fiscalização;
- [ator06] fiscal: comenta as atividades dos RDOs;
- [ator07] fiscal consolidador: comenta as atividades dos RDOs e encaminha-os para o consórcio;
- [ator08] administrador: administra o sistema, controla os acessos, bem como libera e bloqueia o perfil de todos os usuários.

3.4.3 Diagrama de caso de uso

Nessa etapa do projeto, foi elaborado o diagrama de caso de uso, um dos recursos da UML muito importante na demonstração das interações existentes em um sistema. Abaixo registrou-se o detalhamento da nomenclatura desse diagrama.

- Os atores (Bonecos): representam as pessoas ou outros sistemas que interagem com o sistema.
- Elipses: são os elementos principais, ou seja, os requisitos funcionais que contêm o nome do caso de uso. Os requisitos funcionais identificam as funções que o sistema apresentará, ou seja, o comportamento do sistema diante das entradas e determinados momentos. Nessa etapa, são detalhadas as funcionalidades que o sistema fornecerá.

3.4.4 Diagrama de classe

Nessa fase, foi elaborado o Diagrama de Classes, o qual apresenta as classes de objetos, as interfaces, os relacionamentos e as colaborações, que consolidam as bases para o desenvolvimento de um projeto do RDO. No diagrama de classe, identificam-se as associações de dependências entre si.

3.4.5 Diagrama de estado

Nessa fase, foi elaborado o Diagrama de Estado do RDO, o qual apresenta os estágios em que o RDO poderá tramitar, bem como o fluxo da informação do RDO.

3.4.6 Fluxograma de informação do RDO

Na Figura 2, pode-se ver o esquema do fluxo de informação do sistema de RDO.

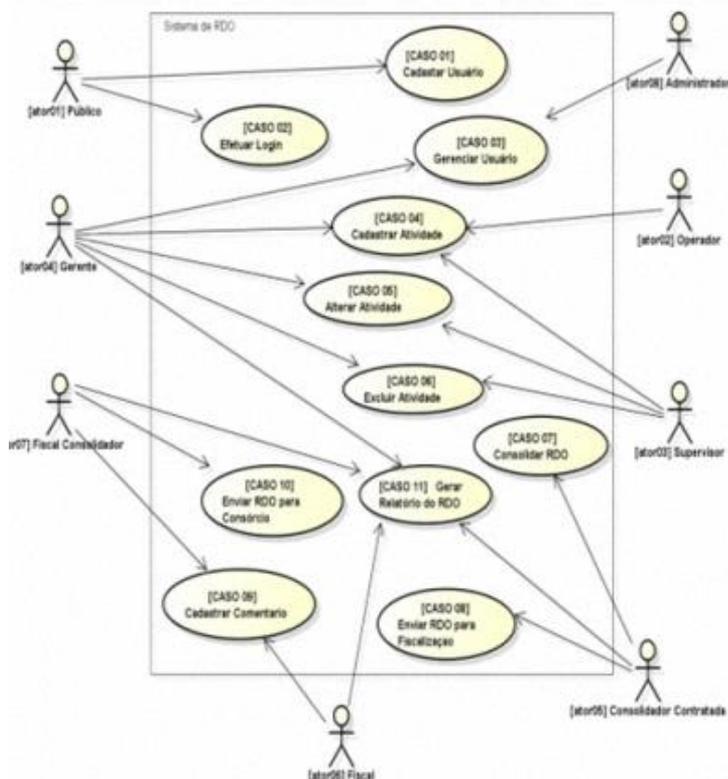


Figura 1. Esquema ilustrativo dos atores.

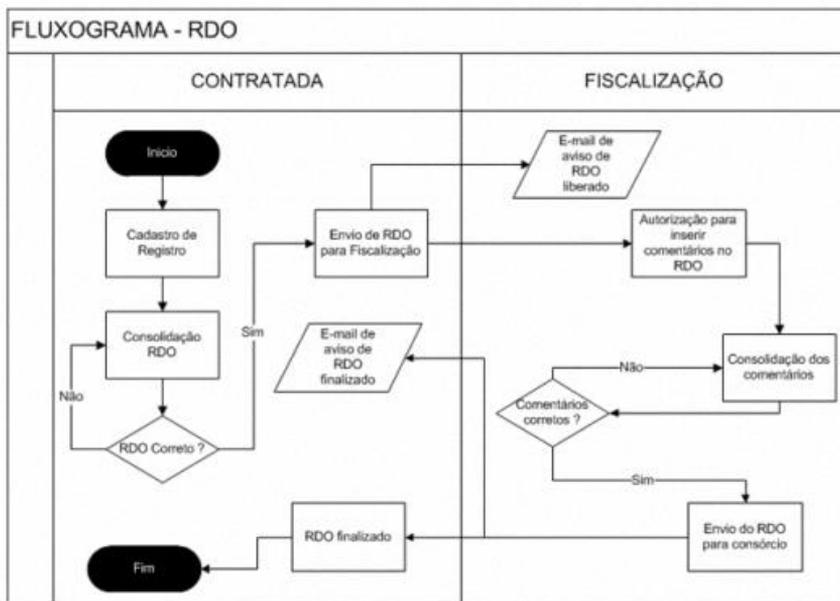


Figura 2. Fluxograma – RDO - Fonte: Gerencia de Administração Contratual

3.4.67 Codificação

O diagrama de casos de uso, diagrama de estados e diagrama de classes foram utilizados como base para a codificação do sistema e escritos em linguagem C# também para a criação da base de dados no Microsoft SqlServer 2008 (DE PÁUDA, 2003).

Para a camada de apresentação, foi utilizada a linguagem HTML e Asp.Net, a fim de manter a compatibilidade com o maior número de dispositivos presentes no mercado. Nessa etapa também foram realizados testes a fim de assegurar-se a qualidade dos softwares e as funcionalidades descritas no levantamento dos requisitos (LAUDON e LAUDON, 1999; LARMAN, 2004).

3.4.8 Interface do sistema

As interfaces são o primeiro contato com o usuário do sistema e têm a responsabilidade de promover a interação entre os usuários e a máquina, ou seja, elas devem viabilizar a realização de tarefas de forma fácil e aceitável.

3.4.9 Considerações sobre o desenvolvimento do sistema

No decorrer do desenvolvimento do sistema, foram encontradas algumas dificuldades e a principal delas foi manter o sistema compatível com todos os navegadores do mercado. No entanto, o sistema foi testado pelo padrão utilizado na empresa para ser 100% compatível com o navegador Microsoft Internet Explorer. Em outros navegadores, foram apresentadas algumas distorções no leiaute, mas nada que compromettesse a funcionalidade do sistema, somente um leve desalinhamento entre os objetos e as interfaces.

3.5 Transição

Nessa parte, foi implantado o sistema de RDO em um servidor terceirizado, garantindo, assim, operacionalidade durante 24 horas e 7 dias por semana. Foram aplicados alguns testes após a implantação e a verificação das instalações no servidor remoto, além do tempo de resposta das solicitações. A fase de transição também foi contemplada com treinamentos com todos os envolvidos, a fim de qualificar os colaboradores da empresa e da fiscalização, visando a familiarizá-los com a interface do RDO.

4. Análise e Discussão dos Resultados

Essa fase de apuração foi realizada em uma reunião com a Gerência de Contratos e a Gerência de Administração Contratual, que é a atual responsável pelo RDO.

4.1 Indicadores Quantitativos

Os resultados foram apurados por meio da comparação entre os indicadores do RDO anteriores e posteriores à implantação do sistema de informação do RDO. As melhorias foram comprovadas por meio dos indicadores numéricos e qualitativos.

Em uma análise comparativa sobre os indicadores numéricos do RDO, com exposição do cenário anterior e posterior à automação, ficou evidenciado, por meio dos indicadores, que as melhorias foram significativas, tendo um impacto imediato no mês de março/12 com a implantação do RDO, como está mostrado na Figura 3.

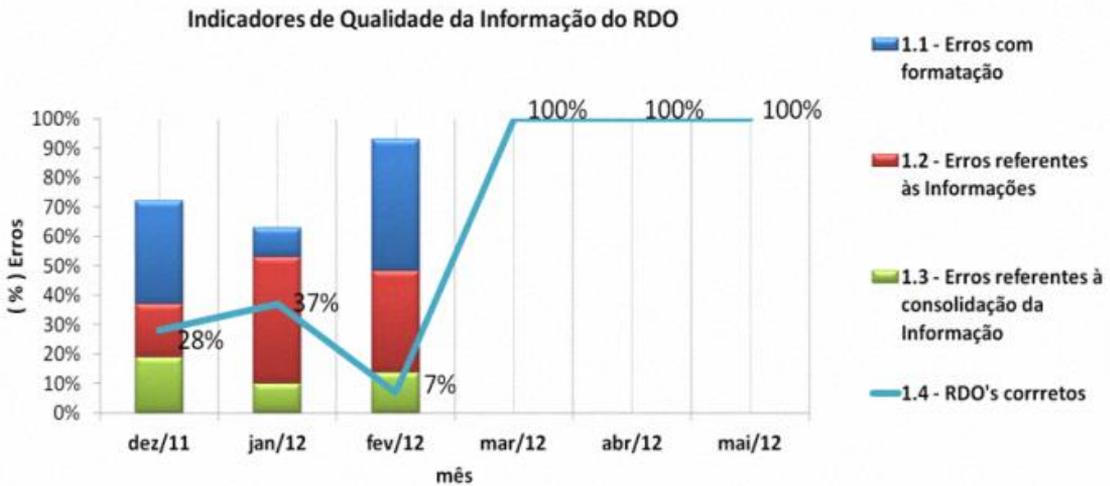


Figura 3. Indicadores de Qualidade da Informação do RDO.

A empresa passou a trabalhar com outro padrão de qualidade sobre as informações do RDO e, devido a isso, atingiu um alto grau de conformidade, segundo a fiscalização. Em uma análise mais minuciosa dos gráficos de Pareto, mostrados nas Figuras 4 e 5, sobre os cenários anteriores e posteriores à implantação, ou seja, os meses de fevereiro/2012 e março/2012, ficaram constatados que os problemas em sua totalidade foram resolvidos.

Consequentemente, a imediata eliminação dos erros do processo RDO (Figura 6) com a implantação do novo RDO, as quantidades de RDOs corretos encaminhados para a fiscalização aumentaram consideravelmente. Isso foi verificado na análise comparativa (Figura 7), em que os indicadores sinalizam que os RDOs corretos passaram de 7% para 100%.

Outro benefício da automação do sistema de RDO foi a diminuição dos atrasos nos RDOs encaminhados para a fiscalização, conforme dados informativos registrados na Figura 8.

4.2 Indicadores Qualitativos

Além dos ganhos refletidos nos indicadores numéricos, com a implantação do novo sistema de RDO, foram significativos os seguintes ganhos intangíveis:

- base de dados unificada contendo todos os RDOs;
- redução do tempo na consolidação dos RDOs;
- acesso fácil à informação em qualquer lugar com acesso à internet;
- melhor disseminação da informação entre as gerências e a fiscalização;
- aumento da integração dos setores em relação às informações da obra, o que resultou em aumento da qualidade da informação.

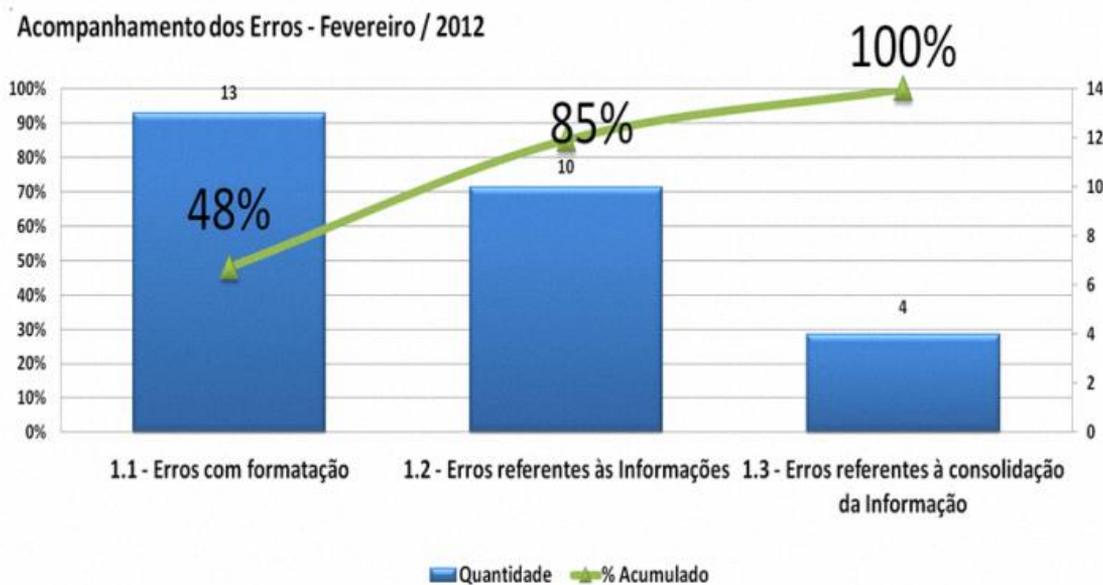


Figura 4. Acompanhamento dos Erros - Fevereiro / 2012

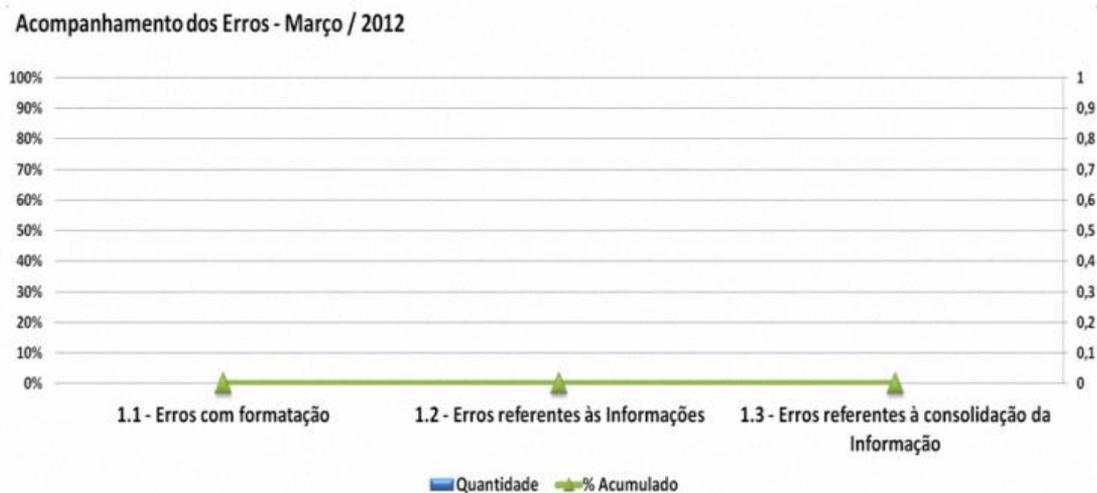


Figura 5. Acompanhamento dos Erros - Março / 2012.

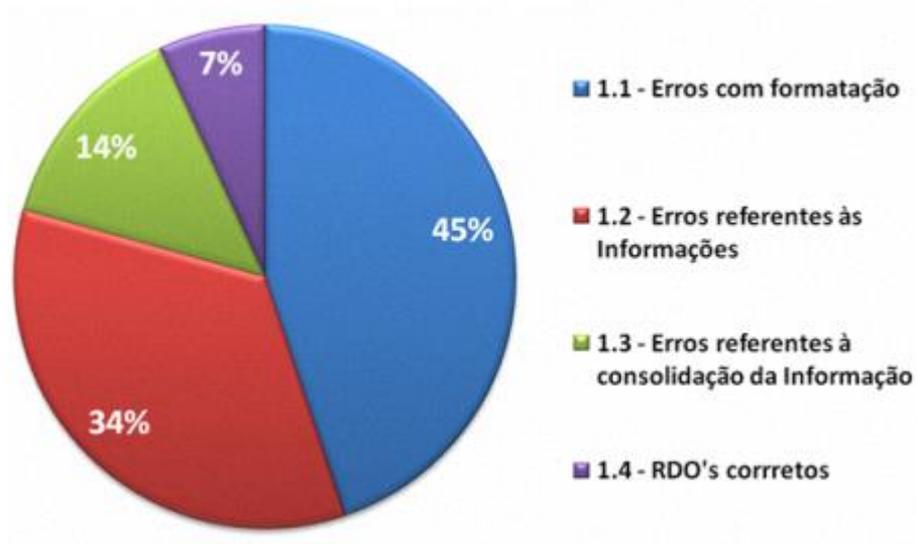


Figura 6. Qualidade dos RDOs - Mês Fevereiro / 2012.

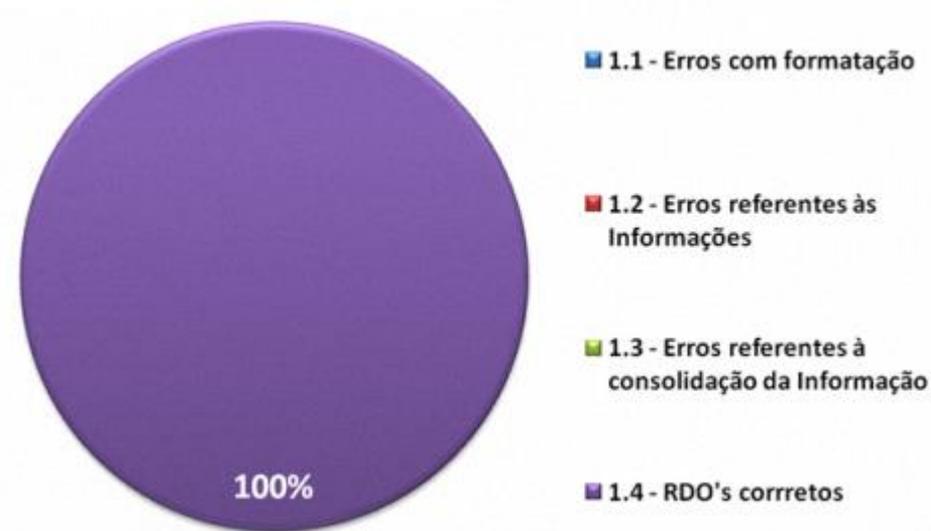


Figura 7. Qualidade dos RDOs - Mês Março / 2012.

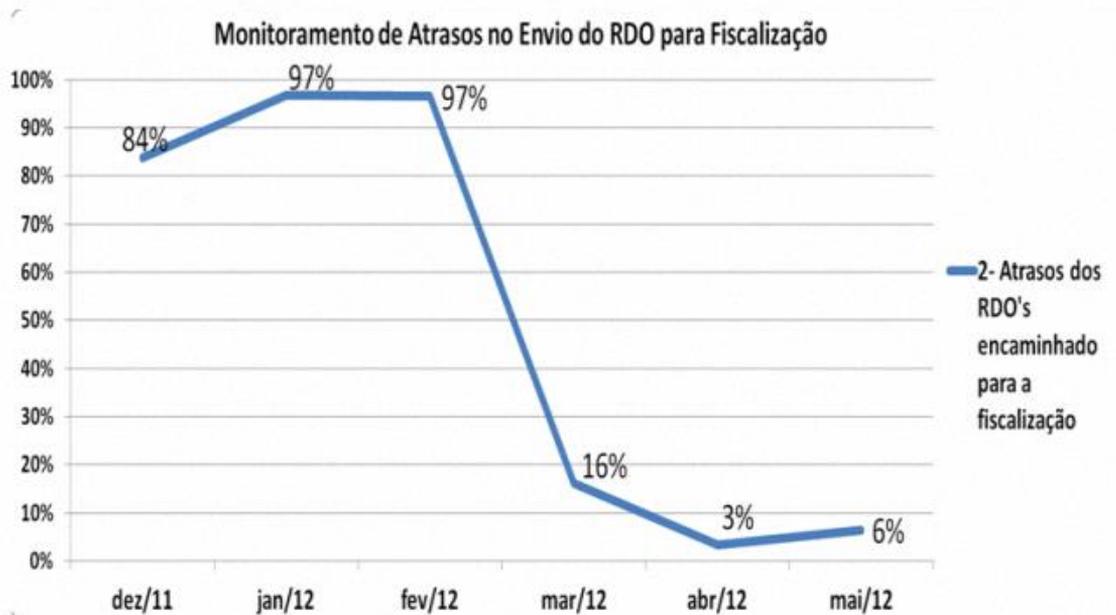


Figura 8. Monitoramento do Atraso no Envio do RDO para Fiscalização

5. Conclusões

Este estudo, realizado em uma empresa no segmento da construção civil industrial no ramo óleo e gás, foi ao encontro do atendimento de um item contratual, o RDO. Percebe-se que os objetivos foram alcançados com sucesso, uma vez que o processo do RDO passou a ser realizado com rapidez e as informações passaram a ter rastreabilidade.

A automação da informação do RDO tornou o processo mais confiável e acessível pela empresa e fiscalização, resolvendo a lentidão e a falta de rastreabilidade nas informações. Isso decorre do fato de os processos manuais precisarem ser estudados e mapeados, ao contrário dos que contam com a ajuda dos recursos da tecnologia da informação e dos sistemas de informações (SIs), gerando tempo de resposta mais rápido na tomada de decisão, na

rastreabilidade e maior integração entre os setores da empresa.

À medida que as etapas foram sendo cumpridas, também surgiu a necessidade da criação de um novo fluxo da informação para o RDO, envolvendo mais setores da empresa. E, a partir da implantação do sistema de informação, a empresa ganhou produtividade e velocidade na tomada de decisão da obra.

Os resultados do novo sistema de RDO foram significativos, com impacto imediato logo após a implantação, mês de março/12, momento em que os indicadores sinalizam que os RDOs corretos passaram de 7% para 100% e os erros foram reduzidos a 0%. Outro ganho considerável foi a redução de 97% para a 16% do indicador de atrasos dos RDOs encaminhado para a fiscalização. Além disso, houve ganhos intangíveis, como a redução do tempo na consolidação, acesso fácil à informação e banco

de dados unificado com todos os RDOs. Esses benefícios sinalizam que, apesar de essa metodologia ter sido implementada em uma empresa da área da construção civil, pode ser adotada em outros setores industriais e comerciais.

6. Referências

BARBOSA; CASTRO; NEVES. Automatização de processos de solicitação e controle de Serviços da Divisão de Operações do CPTEC/INPE. 2002. Monografia (Pós-Graduação “Lato Sensu”) Faculdade De Engenharia De Guaratinguetá, Guaratinguetá – SP.

BARROS, Leonardo M. D. L. Gestão Estratégica Baseada Em Tecnologia Da Informação. 2005. Monografia (Pós-Graduação “Lato Sensu”) – Universidade Candido Mendes, Rio de Janeiro - RJ.

BERSSANETI, F. T.; CARVALHO, M. M.; MUSCAT, A. R. N. Impacto dos modelos de referência e maturidade no gerenciamento de projetos: estudo exploratório em projetos de tecnologia da informação. *Produção*, v.22, n.3, p.405-420, ago. 2012.

BOOCH, G.; RUMBAUGH, J.; JACOBSON, I. UML: Guia do Usuário. Rio de Janeiro. Editora Elsevier, 2006, 474 p.

CAREGNATO; COSTA; FRAGA; GONÇALVES. Informatização da informação: a experiência do Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. *Ci. Inf.*, Brasília, v. 27, n. 1, p. 99-102, jan./abr. 1998.

CORTES, Paula O. Organização E Gerenciamento Da Informação Com O Auxilio Do Business Intelligence: Com auxílio do

Software Logix, 2009, Monografia (Informática com Ênfase em Gestão de Negócios), Faculdade de Tecnologia da Zona Leste, SÃO PAULO - SP.

DANTAS, Thiago. A Gestão Da Informação Nas Organizações: Estratégia de Vantagem Competitiva. 2008. Monografia (Graduação). Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte, Natal - RN.

DE PÁUDA, W. F. Engenharia de Software: Fundamentos, métodos e padrões. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2003.

FERNANDES, F. C. F., LEITE, R. B. Automação Industrial E Sistemas Informatizados De Gestão Da Produção Em Fundições De Mercado. *Gestão & Produção*, São Carlos/SP, v.9, n.3, p.313-344, dez. 2002

LARMAN, C. Applying UML and Patterns: an introduction to object-oriented analysis and design and iterative development. 3rd Ed. Prentice Hall, 2004.

LAUDON, Kenneth C; LAUDON, Jane P. Sistemas de informação com internet. Rio de Janeiro. Editora LTC, 1999, 389 p.

LUNARDI, G. L.; BECKER, J. L.; MAÇADA, A. C. G. Um estudo empírico do impacto da governança de TI no desempenho organizacional. *Produção*, v.22, n.3, p.612-624, ago. 2012.

NETO, J. I. J.; LUCIANO, E. M.; TESTA, M. G. Identificando o Potencial de Inovação das organizações por meio da análise do portfólio de projetos de Tecnologia da Informação. *Gestão & Produção*, São Carlos/SP, v.20, n.3, p.495-510, dez. 2013

OCHOA, A. A. V.; DINIZ, H. H.; OLIVEIRA, D. Controle Estatístico De Processo (CEP) Aplicado Para O Controle De Qualidade Na Finura Do Cimento. Revista CIENTEC, V. 5 n. 1 31-49, 2013.

OLIVEIRA, NEWTON D. A Importância Da Informação Na Gestão Do Planejamento E Controle Da Produção. 2010. Monografia (Pós-Graduação “Lato Sensu”) – Universidade Candido Mendes, Rio de Janeiro.

PETERS, James F. Engenharia de Software. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

PINTO, A.; NUNES, I.; RIBEIRO, R.; PASCOARELLI, L. C. Aplicação preliminar do método QRAM para avaliação de riscos para segurança ocupacional na construção civil. Produção, v.23, n.2, p.375-386, jun. 2013

RAMOS, ELIANE. Implantação De Automação De Estoques Em Pequenos Negócios Como Vantagem Competitiva. 2011. Monografia (Pós-Graduação “Lato Sensu”) – Universidade Candido Mendes, Rio de Janeiro.

REGINATO, C. E. R.; GRACIOLLE, O. D. Gerenciamento estratégico da informação por meio da utilização da inteligência competitiva e da gestão do conhecimento – um estudo aplicado à indústria moveleira do RS. Gestão & Produção, São Carlos/SP, v.19, n.4, p.705-716, dez. 2012

RODRIGUES, Guilherme. A Gestão Do Conhecimento Como Estratégia Competitiva Na Produção. 2009. Monografia (Pós-Graduação “Lato Sensu”) – Universidade Candido Mendes, Rio de Janeiro - RJ.

SIEWERT, G., DALFOVO, Oscar. Gestão do conhecimento – utilização das tecnologias da informação, baseadas no sistema de apoio à

decisão nas organizações. Revista Interdisciplinar Científica Aplicada, Blumenau, v.1, n.2, p.01-20, Sem I. 2007 Edição Temática TCCs.



Implementação da Análise Energética e Exergética em sistemas de refrigeração por compressão mecânica

Implementation of the Energetic and Exergetic Analysis in refrigeration systems by mechanical compression

Submetido em 09.05.14 | Aceito em 09.06.14 | Disponível on-line em 10.09.14



Artigo

Alvaro Antonio Ochoa Villa*

Departamento de Mecânica, Refrigeração e Climatização, Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Av. Prof. Luiz Freire, 500, CEP 50740-540, Recife – PE. | *ochoaalvaro@recife.ifpe.edu.br

Helder Henrique Lima Diniz.

Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Salgado de Oliveira (Universo), Campus Recife, Av. Mascarenhas de Moraes, 2169, Imbiribeira, CEP: 51170-000, Recife – PE

Carlos Eduardo Vieira de Melo Cavalcanti

Departamento de Engenharia de Mecânica, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária, CEP 50670-901, Recife – PE

RESUMO

Este artigo tem como objetivo implementar a metodologia da análise energética e exergética numa planta de refrigeração que funciona em uma grande diferença de temperatura. A implementação das análises energética e exergética foi realizada por meio da plataforma EES (Engineering Equation Solver). Realizou-se a análise energética e exergética do ciclo, determinando-se a Exergia, irreversibilidades dos componentes e sua distribuição ao longo do processo, com o objetivo de determinar-se o COP (coeficiente de desempenho) baseado na análise energética e exergética. Apresenta-se um pequeno estudo termoeconômico a partir da análise exergética, seus custos e perdas no processo devido à destruição da Exergia nos componentes do ciclo. A maior irreversibilidade ocorreu no condensador com 119,6 kW e a menor foi encontrada no evaporador instantâneo com valor menor que 0,5 kW. Em termos exergéticos, a parcela exergética real utilizada no ciclo de refrigeração foi de aproximadamente 50% do total.

Palavras-chaves: Refrigeração mecânica, Análise exergética, COP.

ABSTRACT

This article aims to implement the methodology of energy and exergy analysis of a refrigeration plant that operates within a large temperature difference. The energy and exergy analysis implementation was performed by the EES software (Engineering Equation Solver). It was performed the energy and exergy analysis of the cycle, determining the Exergy, the components irreversibility and their distribution throughout the process, in order to determine the COP (coefficient of performance) based on energy and exergy analysis. It was performed a small thermoeconomics study based on exergy analysis, their costs and energy losses due to destruction of the Exergy on the components of the cycle. The largest irreversibility occurred in the condenser with 119,6 kW and the lowest was found in the flash evaporator with a lower value to 0,5 kW. In exergetics terms, the actual exergy fraction used in the refrigeration cycle was approximately 50% of the total.

Keywords: Mechanical Refrigeration, Exergetic Analysis, COP.

1. Introdução

A refrigeração é considerada um caso especial de transmissão térmica que envolve a produção e a utilização de temperaturas menores que a ambiente mediante diferentes processos

(BAUMEISTER *et al.*, 1992; MORAN e SHAPIRO, 2006; WYLEN e SONTAG, 2002). O processo de refrigeração consiste em quatro processos básicos termodinâmicos: expansão, compressão, evaporação e condensação. Os sistemas de refrigeração são usados em processos

de resfriamento para o conforto humano, como o ar-condicionado, processos alimentícios, geladoras e *freezer*, processos industriais e outros. Esses processos trabalham entre uma diferença de temperatura a qual é aproveitada para transferir certa quantidade de calor e manter uma temperatura relativamente constante e uniforme num espaço físico. O conforto térmico está vinculado à necessidade de conforto humano, garantindo as condições de temperatura e umidade dentro de padrões estabelecidos pela norma ABNT NBR 16401-1. Dentro da área de refrigeração, encontram-se os processos industriais como, por exemplo, conservação e congelamento de alimentos, e processos químicos industriais em que são requeridas baixas temperaturas para garantir as condições do processo. A análise energética (emprego na primeira Lei da Termodinâmica) permite quantificar as parcelas de energia dos fluxos envolvidos em processos térmicos, como planta de potência e refrigeração, assim como processos químicos, combustão e gaseificação. Porém, a análise exérgica (emprego na segunda Lei da Termodinâmica) permite verificar-se a qualidade da energia (Exergia) por meio da quantificação da energia útil disponível e destruída pelos mesmos processos (OCHOA *et al.*, 2011).

O conceito de Exergia está relacionado com a combinação da primeira e segunda lei da termodinâmica, que visa a determinar a distribuição da Exergia em processos térmicos (KOTAS, 1985; OCHOA *et al.*, 2011). Esse conceito está relacionado diretamente com a busca dos pontos que fornecem maior irreversibilidade aos sistemas, com o objetivo de mensurá-lo e poder encontrar, por meio de métodos de otimização, melhorias nos componentes e/ou configuração dos sistemas, para o melhor aproveitamento energético e exérgico do processo total. Myat *et al.* (2011) realizaram uma análise exérgica de um sistema

de refrigeração por absorção em regime transitório, por meio da criação de um modelo numérico baseado na primeira e na segunda Lei da Termodinâmica, com o objetivo de medir o desempenho de parâmetros, como concentração da solução de BrLi - H₂O e pressão de vapor, assim como a implementação de uma ferramenta de otimização, utilizando algoritmo genético para localizar os valores mínimos do domínio da função objetivo – nesse caso, a fonte de calor e temperatura do circuito frio do sistema de refrigeração. Da mesma forma, Aminyavari *et al.* (2014) realizaram uma modelagem baseada na segunda Lei da Termodinâmica, considerando a análise econômica e ambiental em um sistema de refrigeração mecânica de cascata que utiliza o fluido CO₂/NH₃, com o objetivo de otimizar alguns parâmetros de projeto do sistema, empregando o método dos algoritmos genéticos.

Numerosos trabalhos na literatura têm utilizado as análises energéticas e exérgicas para avaliar equipamentos de refrigeração por absorção (FIGUEREDO *et al.*, 2008; KAUSHIK e ARORA 2009; SOMERS *et al.*, 2011; IZQUIERDO *et al.*, 2012; OZGOREN *et al.*, 2012; OCHOA *et al.*, 2014), assim como equipamentos de refrigeração por compressão mecânica (NIKOLAIDIS e PROBERT, 1998; BILGEN e TAKAHASHI, 2002; QURESHI *et al.*, 2013; MILAZZO e GIANETTI, 2014).

Essas análises energética e exérgica têm ajudado a estudar a influência de fluidos refrigerantes na *performance* de equipamentos de refrigeração, visando à capacidade de refrigeração, assim como ao COP. Dos Santos e Costa (2008) realizaram uma análise comparativa da *performance* de um equipamento de climatização (resfriamento e aquecimento) utilizando três fluidos refrigerantes: CFC12, HCFC22 e HFC134a. Os coeficientes de *performance* obtidos para refrigeração foram 3,33, 3,24 e 3,27, respectivamente, para CFC12,

HCFC22 e HFC134a, e para aquecimento, respectivamente, 4,33, 4,24 e 4,27. Na análise a partir da segunda Lei, a maior fonte de irreversibilidade foi o compressor, seguido pelo condensador, evaporador e finalmente pelo dispositivo de expansão, ficando evidenciado que as análises termodinâmica e ambiental são complementares e devem ser conduzidas simultaneamente. Da mesma forma, Aprea *et al.* (2013) realizaram uma análise comparativa de forma exergética sobre a substituição do fluido refrigerante R134a e R744 (CO₂). O estudo comparou uma planta comercial de refrigeração que utiliza R134a e um protótipo de refrigeração que utiliza o fluido R744. Baseados nos resultados experimentais e segundo a análise exergética, o protótipo que utiliza o fluido R744 apresentou uma maior destruição de Exergia ao longo do processo. Mendes (2012) desenvolveu modelos matemáticos para simulação dos principais equipamentos de um sistema de refrigeração, de forma que fosse possível aplicar o diagnóstico termodinâmico aos mesmos.

É importante mencionar-se que a análise exergética está acompanhada de uma análise econômica, com o objetivo de mensurar custos exergéticos e monetários dos sistemas de térmicos. A termoeconomia é o método mais utilizado em plantas térmicas. A abordagem termoeconômica visa aos fluxos exergéticos disponíveis em função da segunda Lei da Termodinâmica, considerando a lei dos insumos (energia gasta pelo processo) e os produtos (energia produzida pelo processo) (TSATSARONIS e PISA, 1994; VALERO *et al.*, 2004; SILVA, 2009; VERDA, 2004). Segundo Valero *et al.*, (2004), o objetivo primordial da análise termoeconômica é procurar avaliar o comportamento da eficiência em função do consumo energético (Exergia disponível) e sua irreversibilidade.

Este trabalho tem como objetivo implementar a metodologia da análise energética e exergética numa planta de refrigeração que funciona em uma grande diferença de temperatura utilizada num processo específico químico em que são necessários valores baixos de temperatura para garantir as condições reais do processo (WYLEN e SONTAG, 2002). Neste estudo também foi realizada uma análise básica de economia do sistema.

2. Materiais e Métodos

O método envolve a análise energética e exergética de um sistema de refrigeração por compressão mecânica de duplo estágio em regime permanente. O estudo é baseado na primeira e segunda Lei da Termodinâmica, determinando os fluxos energéticos e exergéticos dos diferentes estados do ciclo de refrigeração, visando ao coeficiente de desempenho (COP). A análise do sistema foi realizada por meio da primeira e segunda Lei da Termodinâmica, levando em consideração as seguintes simplificações:

- o processo total ocorre em regime permanente;
- as perdas de pressão nas tubulações são consideradas nulas;
- as variações de energia cinética e potencial são desprezíveis;
- as válvulas de expansão são consideradas isentálpicas;
- na câmara de mistura e evaporador instantâneo não há troca de calor com a vizinhança.

2.1 Análise Energética

Essa primeira parte abrange o balanço de massa e energia dos componentes do ciclo de refrigeração por compressão mecânica com

capacidade de aproximadamente 142 toneladas de refrigeração (TR). O ciclo de refrigeração, mostrado na Figura 1, consiste na utilização de um compressor de dois estágios, o qual utiliza amônia como fluido de trabalho. Líquido saturado sai do condensador a 40 °C e é estrangulado até -20 °C. O líquido e o vapor, a essa temperatura, são separados e o líquido é estrangulado até a temperatura do evaporador. O vapor que sai do evaporador é comprimido até a pressão de saturação correspondente a -20°C. Após essa operação, o fluido é misturado com o vapor que sai da câmara de mistura isolada termicamente de modo a evitar transferência de calor para o ambiente. O vapor que deixa a câmara de mistura é comprimido no segundo estágio do compressor até a pressão de saturação correspondente à temperatura do condensador. Devido à alta diferença de temperatura, o ciclo apresenta dois estágios de compressão, com o objetivo de evitar a descarga de uma elevada temperatura que possa ocasionar problemas de lubrificação e diminuição da vida útil do compressor (BAUMEISTER *et al.*, 1992; STOECKER, 1998; MORAN e SHAPIRO, 2006).

2.1.1 Balanço Energético

A seguir, são apresentadas as equações que governam o processo de refrigeração por compressão.

Conservação da Massa

$$\sum_{entra} \dot{m} = \sum_{sai} \dot{m} \quad (1)$$

Primeira Lei da Termodinâmica

$$\frac{\partial e}{\partial t_{vc}} = \dot{Q}_{vc} - \dot{W}_{vc} + \sum_{entra} (\dot{m} \cdot h) - \sum_{sai} (\dot{m} \cdot h) \quad (2)$$

sendo:

$$\frac{\partial e}{\partial t_{vc}} = 0; \text{ já que o sistema é analisado em regime permanente.}$$

2.1.2 Coeficiente de Desempenho (COP energético)

Representa a eficiência do ciclo de refrigeração em função da energia gasta ($\dot{W}_{compressor}$) e da energia produzida ($\dot{Q}_{evaporador}$), expressa como:

$$COP = \frac{\dot{Q}_{evaporador}}{\dot{W}_{compressor}} \quad (3)$$

2.2 Análise Exergética

O estudo da Exergia baseia-se na quantidade útil da Exergia utilizada nos processos térmicos (KOTAS, 1985; MORAN e SHAPIRO, 2006), sendo essa Exergia dividida comumente em quatro partes: física, química, cinética e potencial.

2.2.1 Exergia Física

A Exergia física representa o máximo trabalho possível quando um sistema sai do seu estado original e alcança o equilíbrio térmico com o ambiente, geralmente uma atmosfera padrão (estado morto T_0, p_0) (KOTAS, 1985; MORAN e SHAPIRO, 2006). O estado morto utilizado é de pressão atmosférica de 101,3 kPa e temperatura de 25°C.

$$ex_{fi} = (h - h_0) - T_0(s - s_0) \quad (4)$$

2.2.2 Exergia Química

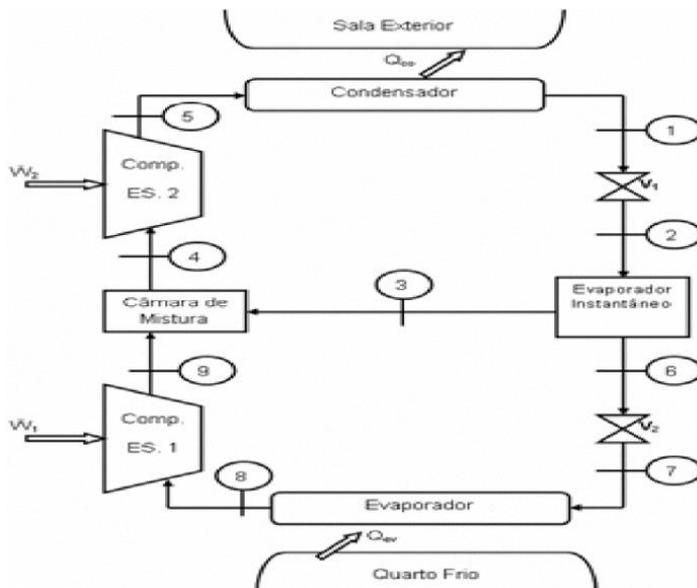
A Exergia química consiste em levar cada estado desde o ponto morto com (T_0, p_0) até um estado padrão da atmosfera ($T_0, p_0^*Y_i$), em que o termo ($p_0^*Y_i$) representa a pressão parcial do elemento ou substância (KOTAS, 1985; MORAN e SHAPIRO, 2006).

Dessa forma, pode-se determinar que, no caso desse ciclo de refrigeração, a Exergia

química de cada estado possui a mesma magnitude, ou seja, ela não varia, já que se encontram as mesmas condições da atmosfera padrão. Apesar de a Exergia química não influenciar nos cálculos, já que se anula para os cálculos de irreversibilidades devido à diferença, leva-se em consideração para representar uma

análise completa de Exergia. Para o cálculo da Exergia química, usa-se uma atmosfera padrão apresentada na literatura (MORAN e SHAPIRO, 2006). Tomando-se o modelo 2 (referente ao ar padrão para comparar o sistema do estado morto) como referência, tem-se: Exergia Química Padrão da Amônia (NH₃) é 337900,00 (kJ/kmol).

Figura 1. Ciclo de refrigeração de duplo estágio analisado



2.2.3 Exergia Total do Sistema

A Exergia total específica para cada estado é representada pela soma das exergias física e química do estado. A Figura 2 representa esquematicamente o processo de Exergia para um estado qualquer.

$$ex_{tot} = ex_{fi} + ex_{qu} \quad (5)$$

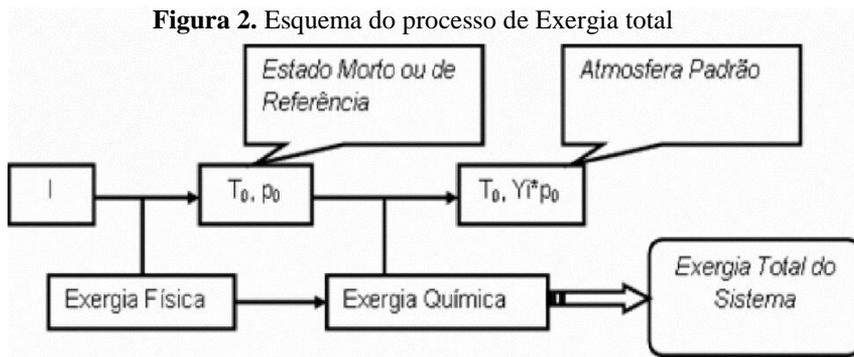
A Exergia total do fluxo ($\dot{E}x_i$) pode ser determinada como:

$$\dot{E}x_i = \dot{m}_i \cdot ex_{tot} \quad (6)$$

2.2.4 Destruição de Exergia (Irreversibilidades do Sistema)

Para a análise dos componentes do sistema de refrigeração por compressão, foram determinadas as exergias dos fluxos nos diferentes estados do ciclo, seguindo-se o procedimento anteriormente mencionado (KOTAS, 1985). Aplicando-se a combinação da primeira e segunda Lei da Termodinâmica, tem-se que:

$$\left(\frac{\partial Ex}{\partial t}\right)_{vc} = \sum_j \left(1 - \frac{T_0}{T_j}\right) \dot{Q}_j - \left(\dot{W}_{vc} - p_0 \cdot \frac{\partial V}{\partial t}\right) + \sum_{entra} (\dot{m} \cdot ex_{tot}) - \sum_{sai} (\dot{m} \cdot ex_{tot}) - \dot{I}_d \quad (7)$$



sendo:

$\left(\frac{\partial Ex}{\partial t}\right)_{vc} = 0$, já que o sistema é analisado em regime permanente.

2.2.4 Rendimento Exergético (COP exergético)

Para determinar-se o rendimento exergético dos componentes do sistema, será tomada a teoria de eficiência racional do sistema, expressa como (KOTAS, 1985):

$$\psi_{ex} = \frac{\text{Exergia do produto}}{\text{Exergia de insumo}} \rightarrow COP_{ex} = \left(\frac{\left(1 - \frac{T_0}{T_j}\right) \cdot \dot{Q}_{eva}}{W_{compressor}} \right) \quad (8)$$

2.2.5 Grau de Perfeição Termodinâmico

Além da eficiência racional que não é adequada para componentes dissipativos, podem ser determinadas as eficiências ou taxas de eficiências exergéticas em função das entradas e saídas dos fluxos exergéticos dentro do volume de controle analisado, ou seja, os insumos e produtos do mesmo, também chamado de grau de perfeição termodinâmico, expresso da seguinte forma:

$$\delta_{ex} = \frac{\Sigma_{sa} Ex_{tot,sa} + \Sigma_{sa} W_{sa} + \left(1 - \frac{T_0}{T_{j,sa}}\right) \dot{Q}_{j,sa}}{\Sigma_{en} Ex_{tot,en} + \Sigma_{en} W_{en} + \left(1 - \frac{T_0}{T_{j,en}}\right) \dot{Q}_{j,en}} \quad (9)$$

2.2.6 Irreversibilidade Relativa

Para realizar-se uma melhor distribuição das irreversibilidades dos componentes, é usado o termo de irreversibilidade relativa, dado por (KOTAS, 1985):

$$\dot{I}_{d,rel} = \frac{\dot{I}_d}{\dot{I}_{tot}} \quad (10)$$

2.2.7 Destruição de Exergia no condensador e o evaporador

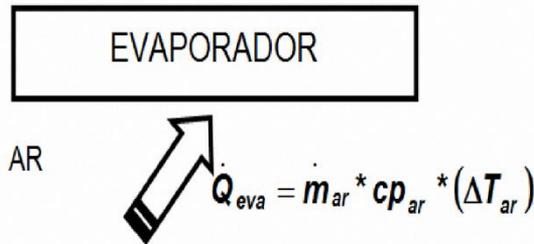
Para o cálculo da destruição de Exergia no condensador e no evaporador, como caso particular do ciclo de refrigeração mecânica, precisa-se da temperatura (T_j) da qual se transfere o calor ao ambiente. Nessa parte, realizou-se uma aproximação dessa temperatura ao longo do condensador e o evaporador, com o objetivo de simular o comportamento real da mesma. Para favorecer-se a simulação, se estabelece uma mínima diferença de temperatura entre esses equipamentos (condensador e evaporador), e o ar de aproximadamente 3 K (KOTAS, 1985; NIKOLAIDIS e PROBERT, 1998).

2.2.7.1 Evaporador

Para determinar-se a distribuição de temperatura ao redor do evaporador, inicialmente se tomou uma temperatura de referência inicial do ar de aproximadamente 211 K (12 graus de diferença em relação à temperatura do evaporador, já que é o fluido que se encontra ao

redor do evaporador). Posteriormente, dividiu-se o calor total do evaporador em finitas parcelas ($N=10$) e determinou-se a distribuição de temperatura ao longo do evaporador. O procedimento para determinar-se a distribuição de temperatura do evaporador é governado pelo balanço de energia entre o evaporador e o quarto frio (Figura 3), segundo a Equação (11):

Figura 3. Esquema da transmissão de calor do evaporador e o quarto frio



$$\dot{Q}_{ar} = \dot{Q}_{eva} = \dot{m}_{ar} \cdot c_{p_{ar}} \cdot \Delta T_{ar} \quad (11)$$

Onde o $c_{p_{ar}}$ é calculado a partir da equação polinomial (MORAN e SHAPIRO, 2006).

A massa foi estimada a partir do recomendado pela literatura, com valor de aproximadamente 120 kg/s, considerando-se o delta de temperatura (MORAN e SHAPIRO, 2006). Com os valores obtidos na simulação, calcularam-se as temperaturas médias (T_j) para cada divisão do volume do evaporador, visando-se ao cálculo da transferência de Exergia pela transmissão de calor, por meio da equação 12.

$$\dot{I}_{d,eva} = \left(1 - \frac{T_0}{T_j}\right) \dot{Q}_{eva} \quad (12)$$

A Figura 4 mostra a variação da temperatura do ar ao longo do evaporador em função das divisões do componente.

Pode-se observar, na Figura 4, que a temperatura do ar ao redor do evaporador tende a diminuir com um aumento das divisões do

componente. Esse comportamento está vinculado à carga térmica do ambiente refrigerado, já que a temperatura do ar (ambiente) vai diminuindo com a troca de calor entre o evaporador e o quarto frio, fazendo a temperatura diminuir para o resfriamento do local refrigerado.

2.2.7.2 Condensador

Para determinar-se a distribuição de temperatura ao redor do evaporador, procede-se da mesma forma que no evaporador, mas leva-se em consideração que, no condensador, a transferência de calor é dividida em calor sensível e latente. Nas duas divisões (calor latente e calor sensível), procuraram-se os valores de temperatura do ar da sala exterior à qual será transferido o calor no condensador. O procedimento para determinar-se a distribuição de temperatura do condensador é governado pelo balanço de energia entre o condensador e o ambiente externo (Figura 5), segundo a Equação (13):

$$\dot{Q}_{ar} = \dot{Q}_{con} = \dot{m}_{ar} \cdot c_{p_{ar}} \cdot \Delta T_{ar} \quad (13)$$

Onde o cp_{ar} é calculado a partir da equação polinomial (MORAN e SHAPIRO, 2006).

Novamente, a massa foi estimada a partir do recomendado pela literatura, com valor de aproximadamente 120 kg/s, considerando-se o delta de temperatura (MORAN e SHAPIRO, 2006). Com os valores obtidos na simulação,

calcularam-se as temperaturas médias (T_j) para cada divisão do volume do condensador, parte sensível e latente, visando-se ao cálculo da transferência de Exergia pela transmissão de calor, por meio da Equação 14.

$$\dot{I}_{d,con} = \left(1 - \frac{T_0}{T_j}\right) \dot{Q}_{con} \quad (14)$$

Figura 4. Distribuição da temperatura do ar ao longo do evaporador

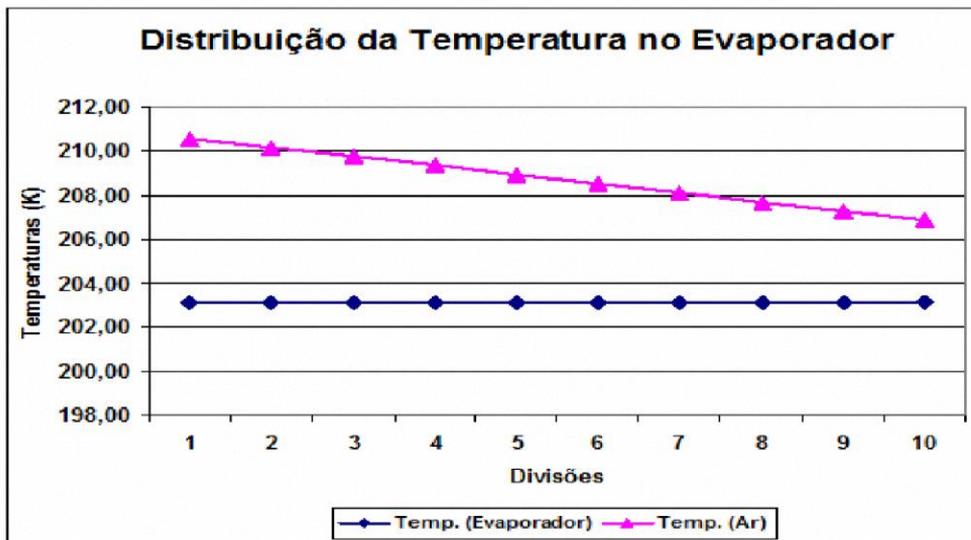
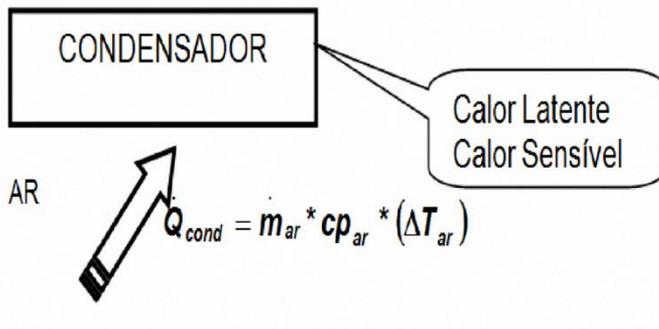


Figura 5. Esquema da transmissão de calor do condensador e o ambiente externo



As Figuras 6 e 7 mostram a variação das temperaturas do ar (parte latente e sensível) ao longo do condensador em função das divisões do componente.

As Figuras 6 e 7 mostram o comportamento da temperatura, visando à parte sensível e latente, no condensador. A temperatura do ar externo (sensível) tende a ficar praticamente invariável, já que essa temperatura está direcionada à temperatura do ambiente externo, onde as condições de operação são regidas pelas condições ambientais, sendo, nesse caso, modificada a temperatura sensível do fluido refrigerante que circula pelo condensador. É evidente que, quando essa temperatura do fluido refrigerante atinge a saturação, início da mudança de fase, o processo é inverso, a temperatura dentro do condensador é constante, variando a temperatura do ar externo ao condensador.

É importante destacar-se que essa temperatura do ar externo está sendo determinada para estabelecer-se com maior precisão a destruição de Exergia no evaporador e condensador, componentes dissipativos do ciclo de refrigeração por compressão.

A destruição total de Exergia no ciclo é a soma das irreversibilidades dos componentes, ou seja, expressa da seguinte forma:

$$\dot{I}_{d,total} = \sum_{i,vc} \dot{I}_{d,i} \quad (15)$$

Onde (i) representa os componentes da planta.

2.3 Análise Termoeconômica

Esta análise mostra os custos exergéticos em função da Exergia disponível e irreversibilidades do processo, visando-se a quantificar os valores reais em unidades de energia (kW) para os componentes do ciclo de refrigeração por compressão. O custo exergético para quantificar o valor monetário da energia elétrica foi selecionado a partir da literatura pertinente, que permite utilizar uma tarifa subjetiva com valor de 0,136 R\$/kW-hr (KOTAS, 1985; MORAN e SHAPIRO, 2006). O custo exergético é expresso como:

$$Custo_{diário} = \dot{E}x_{vc,i} \cdot Custo_{exergia} \cdot tempo_{operação} \quad (16)$$

E, em termos de destruição de Exergia, como:

$$Custo_{diário} = \dot{I}_{d,i} \cdot Custo_{exergia} \cdot tempo_{operação} \quad (17)$$

Figura 6. Distribuição da temperatura do ar (parte latente) ao longo do condensador

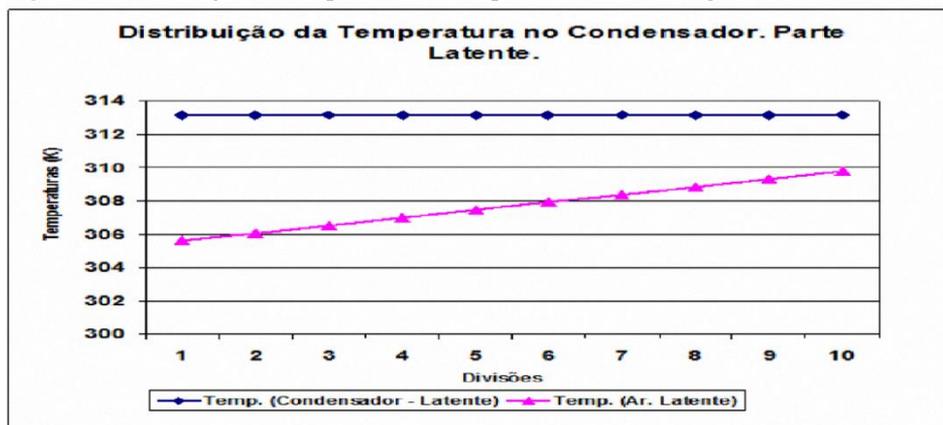
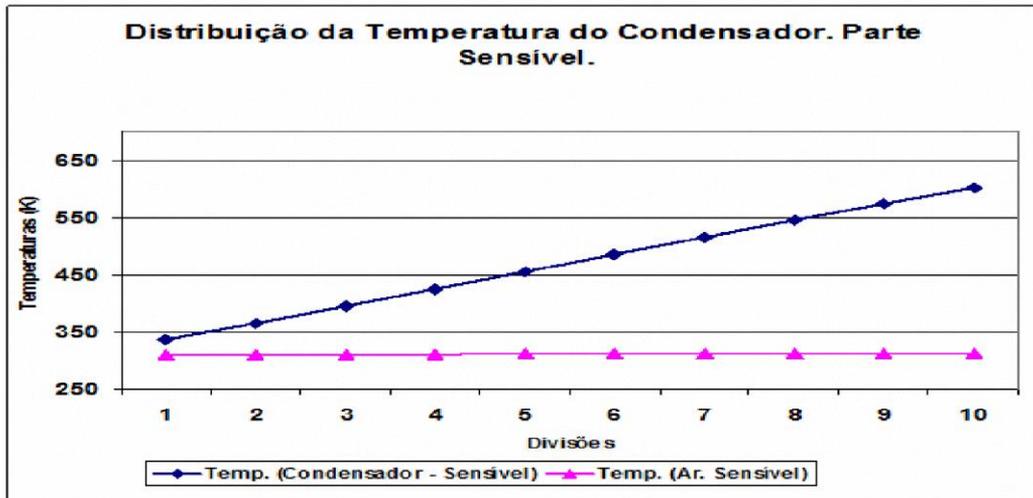


Figura 7. Distribuição da temperatura do ar (parte sensível) ao longo do condensador

3. Resultados e Discussão

A implementação da análise energética e exergética foi direcionada a um ciclo de refrigeração por compressão mecânica de duplo estágio, como mostrado na Figura 1.

3.1 Dados iniciais

Na Tabela 1, apresentam-se os dados iniciais do projeto da planta de refrigeração.

3.2 Fluxos mássicos

Para determinarem-se os fluxos mássicos do ciclo de refrigeração, realizaram-se os balanços de massas nos seguintes componentes: evaporador, evaporador instantâneo e a câmara de mistura, expressos como:

$$\dot{m}_7 = \frac{Q_{eva}}{(h_8 - h_7)} \quad (18)$$

$$\dot{m}_2 \cdot h_2 = \dot{m}_3 \cdot h_3 + \dot{m}_6 \cdot h_6 \quad (19)$$

$$\dot{m}_2 = \dot{m}_3 + \dot{m}_6 \quad (20)$$

Em seguida, utilizando-se os dados iniciais da planta, mostrados na Tabela 1, e o modelo desenvolvido na plataforma *EES*, calcularam-se todos os estados reais do ciclo termodinâmico. A Tabela 2 apresenta os valores dos estados termodinâmicos.

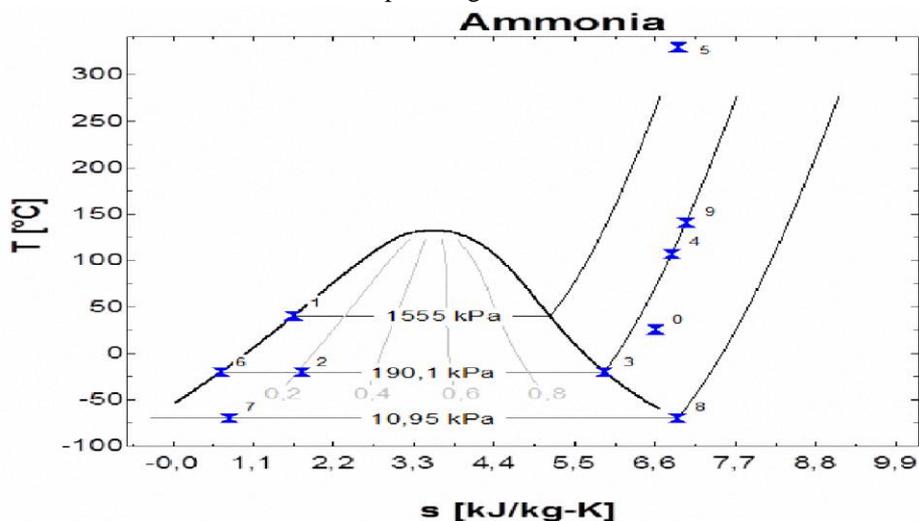
Na Figura 8, apresenta-se o diagrama temperatura *versus* entropia do ciclo de refrigeração por compressão mecânica de duplo estágio.

Tabela 1. Dados Específicos da Planta de Refrigeração.

Refrigerante	Amônia
Temperatura do Evaporador	-70°C
Temperatura do Condensador	40°C
Temperatura da Câmara de Mistura	-20°C
Temperatura Ambiente	25°C
Pressão Ambiente	101,3 kPa
Eficiência isentrópica do Compressor	90%
Eficiência mecânica do Compressor	95%
Eficiência elétrica do motor	98%
Carga de Resfriamento	500 KW

Tabela 2. Estados Termodinâmicos.

Estados	p (kPa)	T (C)	h (KJ/kg)	s (KJ/kg-K)	Titulo	m (Kg/s)
0	101,3	25	1546,622	6,60183		
1	1555,3	40	390,6392	1,64456	0	0,509
2	190,09	-20	390,6392	1,76807	0,2122	0,509
3	190,09	-20	1437,686	5,90413	1	0,108
4	190,09	107,19	1724,695	6,82424		0,509
5	1555,3	329,43	2263,274	6,9151		0,509
6	190,09	-20	108,5512	0,65376	0	0,401
7	10,946	-70	108,5512	0,77039	0,1496	0,401
8	10,946	-70	1355,562	6,90857	1	0,401
9	190,09	140,89	1802,02	7,019		0,401

Figura 8. Diagrama temperatura versus entropia do ciclo de refrigeração por compressão mecânica de duplo estágio

3.3 Fluxos energéticos

Essas equações representam o balanço energético do condensador e compressor, quantificando o valor numérico de energia desses componentes.

$$\dot{Q}_{con} = \dot{m}_1 \cdot (h_1 - h_2) \quad (21)$$

$$W_1 = \left\{ \frac{m_8 \cdot (h_8 - h_9)}{\eta_{mec} \cdot \eta_{ele}} \right\} \quad (22)$$

$$W_2 = \left\{ \frac{m_4 \cdot (h_4 - h_5)}{\eta_{mec} \cdot \eta_{ele}} \right\} \quad (23)$$

A Tabela 3 mostra os fluxos exergéticos do ciclo de refrigeração por compressão mecânica.

3.4 Fluxos exergeticos

A Tabela 4 mostra os fluxos específicos exergeticos de cada estado termodinâmico, incluindo as parcelas físicas e químicas e os valores totais de Exergia do ciclo de refrigeração.

3.5 Irreversibilidades do Sistema (Destruição de Exergia)

Para quantificar-se o valor real da Exergia no ciclo de refrigeração, calcularam-se as irreversibilidades do sistema (destruição de Exergia) em cada componente, aplicando-se a Equação 7. A Tabela 5 mostra os resultados das irreversibilidades do ciclo de refrigeração por compressão.

Tabela 3. Fluxos exergeticos do ciclo de refrigeração por compressão.

Q _{eva} (kW)	Q _{con} (kW)	W ₁ (kW)	W ₂ (kW)
500,000	-953,138	-192,278	-294,444

Tabela 4. Fluxos exergeticos específicos e totais do ciclo de refrigeração por compressão mecânica

Estados	Exergia Especifica Física (kJ/kg)	Exergia Especifica Química (kJ/kg)	Exergia Especifica Total (kJ/kg)	Exergia Total (kW)
0	0	0	0	
1	322,02	19841,45	20163,48	10262,86
2	285,20	19841,45	20126,65	10244,12
3	99,08	19841,45	19940,54	2154,05
4	111,76	19841,45	19953,21	10155,84
5	623,25	19841,45	20464,70	10416,18
6	335,34	19841,45	20176,80	8090,07
7	300,573	19841,456	20142,029	8076,125
8	-282,515	19841,456	19558,940	7842,33
9	131,018	19841,456	19972,474	8008,14

Tabela 5. Destruição de Exergia Total do Ciclo de Refrigeração por Compressão.

Componentes	Legendas	Destruição de Exergia (kW)
Válvula de expansão (V ₁)	Val1	18,743
Válvula de expansão (V ₂)	Val2	13,942
Evaporador Instantâneo	Evapins	0
Câmara de Mistura	Cammis	6,351
Compressor (W ₁)	Comp1	26,468
Compressor (W ₂)	Comp2	34,105
Evaporador	Evap	20,26
Condensador	Cond	119,6
Exergia Total destruída		239,489

As Figuras 9 e 10 mostram os valores do grau de perfeição termodinâmica e irreversibilidades relativas (destruição de Exergia) do ciclo de refrigeração por compressão.

Pode-se observar, nas Figuras 8 e 9, que o componente com maior destruição de Exergia no ciclo de refrigeração foi o condensador com valor de 119,6 kW, e o menor foi o evaporador instantâneo com um valor menor que 0,12 kW. O condensador está submetido a altas variações de temperatura entre o ambiente externo e o fluido refrigerante, para a condensação do mesmo, além das perdas referentes à eficiência e efetividade, as quais giram em torno de 0,6 a 0,7. Esse componente é o encarregado de dissipar todo o calor de carga térmica introduzido ao ciclo de refrigeração.

3.6 COP (energético e exergético)

A Tabela 6 mostra o COP (energético e exergético) do ciclo de refrigeração mecânica.

Foi observado que o COP energético é maior que o COP exergético devido às perdas de Exergia no processo de transferência de calor, ou seja, a quantidade de Exergia destruída no processo de refrigeração mecânica. É importante ressaltar-se que a análise exergética quantifica a máxima energia disponível para realizar o processo, contabilizando a Exergia (qualidade da energia) para acionar o sistema e produzir frio às condições estabelecidas.

Figura 9. Grau de perfeição termodinâmica do ciclo de refrigeração por compressão mecânica

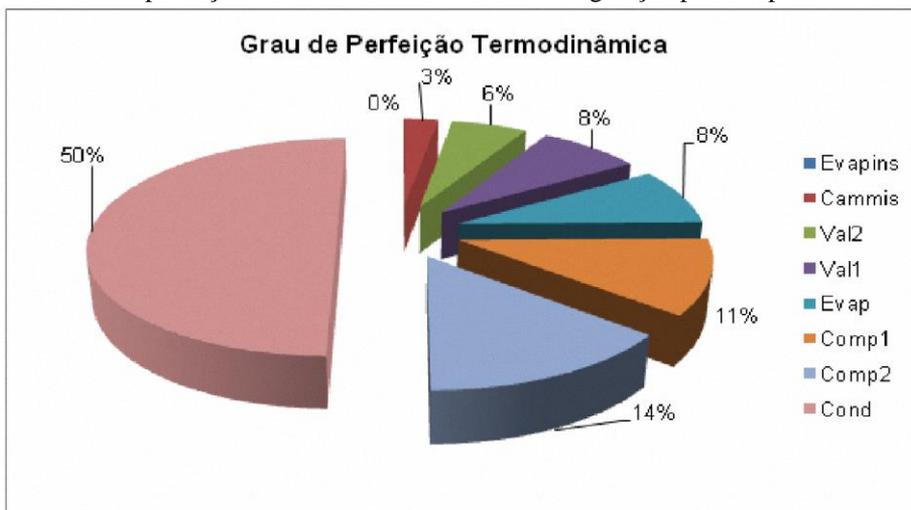
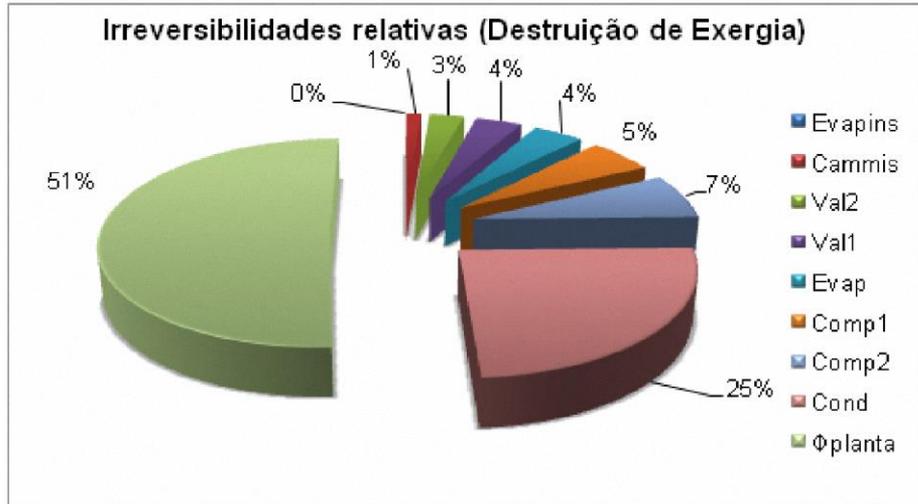


Figura 10. Destruição da Exergia do ciclo de refrigeração por compressão mecânica

3.6 Resultados Econômicos (Termoeconomia)

Considerando-se um custo de Exergia de 0,136 R\$/kW-hr, com tempo de operação de 8000 horas por ano, conseguiu-se estimar o valor das perdas diárias devido às irreversibilidades (destruição de Exergia) e o custo da potência consumida pelo compressor do ciclo. Na Tabela 7, apresentam-se os valores totais para essa estimativa. Esses valores são hipotéticos, já que o valor do custo de Exergia é subjetivo.

O valor do custo diário de Exergia devido ao consumo de energia elétrica no compressor mecânico (duplo estágio) representa um valor de 1.450,80 R\$/dia, segundo a Equação 24.

$$Custo_{diário} = |\dot{W}_1 + \dot{W}_2| \cdot Custo_{exergia} \cdot 24/dia \quad (24)$$

Tabela 7. Custos exergéticos devido às irreversibilidades (destruição de exergia) dos componentes do ciclo de refrigeração por compressão.

Componentes	Custo diário (\$R/dia)
Evaporador Instantâneo	0,00
Câmara de Mistura	18,93
Válvula 1	55,87
Válvula 2	41,55
Evaporador	60,39
Compressor 1	78,90
Compressor 2	101,66
Condensador	356,51
Custo Total	713,81

4. Conclusões

- A análise energética permitiu determinar-se que o COP da planta é maior que o COP baseado na análise exergética, devido às irreversibilidades dos componentes da planta.
- Devido à simulação da temperatura do ar ao longo do evaporador e do condensador, pôde-se determinar valores de Exergia mais exatos em relação aos reais. Os valores obtidos a partir da simulação mostram um erro relativo a um valor constante de temperatura do ar de 54% e 3,4% no condensador e evaporador, respectivamente.
- A maior irreversibilidade acontece no condensador devido ao valor elevado do calor de superaquecimento, calor sensível, o qual, ao usar amônia como refrigerante e elevadas temperaturas, tende a aumentar as irreversibilidades do ciclo.
- O compressor apresenta uma elevada irreversibilidade devido a suas eficiências isentrópicas, elétricas e mecânicas.
- Apesar de a Exergia química possuir um elevado valor nos estados do ciclo, ela não é considerável, já que permanece constante ao longo do processo, anulando-se nos cálculos de irreversibilidades.
- Determinou-se a distribuição real da Exergia ao longo do ciclo, ressaltando-se os defeitos de eficiência do ciclo e a quantidade de Exergia real usada no ciclo, aproximadamente de 50% do total.
- Os valores dos custos devido à Exergia nos componentes representam só um índice estimativo, já que é um valor subjetivo e só permite determinar quanto maior pode ser a irreversibilidade da planta nos custos totais. É recomendável usar, nesse caso, a análise financeira para determinar realmente os valores exatos de custos e lucros da planta.
- Como recomendação, deveria realizar-se um estudo amplo sobre as diferentes alternativas para esse sistema, analisando-se a parte econômica e energética, e verificando-se se o projeto é viável e quais seriam suas limitações.

5. Referências

- Ochoa, A. A. V., Charamba, J. C. D., Henríquez, J. R. G. Energy and exergy analysis of the performance of 10 TR lithium bromide/water absorption chiller, *Revista Técnica de La Facultad de Ingeniería Universidad Del Zulia*. 37 (2014) 38 - 47
- Myat, A., Thu, K., Kim, Y. D., Chakraborty, A., Chun, W. G., Choon, K. N., A second law analysis and entropy generation minimization of an absorption chiller, *Applied Thermal Engineering* 31 (2011) 2405 - 2413.
- Ochoa, V. A. A., Dutra, C. J. C., Henríquez, G. J. R. Dynamic Simulation of a Commercial Absorption Chiller Operating with the pair Lithium Bromide Water. *International Workshop, 2013, Tarragona. Proceedings of the International Workshop on New Working Fluids for Absorption Heat Pumps and Refrigeration Systems-Eurotherm*. Tarragona, 2013. v. 100. p. 224.

Herold, K. E., Radermacher, R., Klein, S. A., Absorption Chillers and Heat Pumps, Estados Unidos, CRC Press LLC, 1996, 329p.

Ochoa V., A. A., Análise exergoeconômica de uma chiller de absorção de 10TR integrado a um sistema de microgeração com microturbina a gás de 30 kW. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, Recife, 2010.

Ochoa V., A. A., Charamba D. J. C., Henríquez G. J. H., Introdução à análise de sistemas de refrigeração por absorção. Editora Universitária UFPE, 2011. Primeira Edição.

Baumeister T., Avallone E., Baumeister III T. Manual del Ingeniero Mecânico. Oitava Edição. Volume III. Mc-Graw Hill. México. 1992.

Moran M., Shapiro H. Fundamentals of Engineering Thermodynamics. 5th Edition. John Wiley and Sons. Inc. England. 2006.

Wylen G. V., Sonntag R. Fundamentos da Termodinâmica. 6ta Edição. São Paulo. 2002.

Kotas T.J. The Exergy Method of Thermal Plant Analysis. Original Edition. London. 1985.

Stoecker W.F. Refrigeração Industrial. Editora Edgard Blucher Ltda. São Paulo. 1998.

Nikolaidis A., Probert D. Exergy Method analysis of a two stage Vapour compression Refrigeration Plants Performance. Applied energy. 1998. 60. P. 241-256.



Desenvolvimento de um modelo de síntese de tolerâncias dimensionais determinísticas considerando os afastamentos distintos

Development of a model for deterministic dimensional tolerances synthesis considering the upper and lower segments as different



Submetido em 06.05.14 | Aceito em 09.06.14 | Disponível on-line em 10.09.14

José Eduardo Ferreira de Oliveira*,

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – Cidade Universitária – Recife – PE – Brasil. | joseferreira@recife.ifpe.edu.br

Noemia Gomes de Mattos de Mesquita

Professora Aposentada da Universidade Federal de Pernambuco – Cidade Universitária – Recife – PE – Brasil

RESUMO

O objetivo deste trabalho é apresentar um novo modelo de programação linear para síntese das tolerâncias dimensionais determinísticas. Nesse novo modelo, a otimização das tolerâncias é realizada levando-se em consideração diferentes afastamentos superiores e inferiores das dimensões componentes de uma peça. Além disso, o modelo utiliza, como variável de restrição, a incerteza de medição dimensional e, como função objetivo, a minimização do custo de geração das dimensões componentes. As variáveis utilizadas são obtidas por meio do programa computacional SGF (Sistema de Gerenciamento da Fabricação) anteriormente desenvolvido para esse fim. Este trabalho apresenta, ainda, uma aplicação prática do modelo em um projeto ligado ao setor metal-mecânico.

Palavras-chaves: *Síntese de tolerâncias dimensionais, programação linear, modelo matemático.*

ABSTRACT

The aim of this paper is to present a new linear programming model for synthesis of deterministic dimensional tolerances. In this, the new model is carried out optimization of tolerances taking into account different upper and lower clearances of components dimensions part. In addition, the model uses as a variable restriction, the dimensional measurement uncertainty and as objective function, minimizing the cost of generation of component dimensions. The variables used are obtained through the SGF computation program (Manufacturing Management System) previously developed for this purpose. This paper presents a practical application of the model in a project connected to the metal-mechanic industry.

Keywords: *Dimensional tolerances synthesis, linear programming, mathematical model.*

1. Introdução

Há dois processos básicos a considerar em tolerância de projeto (KUSIAK *et al*, 1995; TEERAVARAPRUG, 2002):

- Análise e
- Síntese.

Na “análise de tolerância”, as tolerâncias componentes são especificadas e a variação do

conjunto resultante é calculada. A “síntese de tolerâncias”, por sua vez, envolve a alocação de um conjunto específico de tolerâncias, dentro das dimensões componentes de um conjunto, para assegurar uma produção específica. Segundo Teeravaraprug (2007), a síntese de tolerância é um procedimento que distribui as tolerâncias do conjunto entre componentes. Resumidamente, na análise de tolerância, especificam-se as tolerâncias das dimensões componentes da peça, e a tolerância resultante é determinada. Na síntese,

parte-se da tolerância resultante para se otimizarem as tolerâncias componentes, de tal maneira que a soma dos afastamentos das dimensões componentes seja igual ao afastamento da dimensão resultante. Especificamente, para a síntese de tolerâncias, pode-se utilizar a programação linear para otimização das tolerâncias componentes. A síntese de tolerâncias tem sido bastante estudada por diversos pesquisadores (VOELCKER, 1993; JUSTER, 1992; CHASE *et al.*, 1991) e, dentro desse contexto, duas categorias de objetivos têm sido usadas no projeto de tolerâncias:

- a minimização do custo direto de fabricação, isto é, o projeto de tolerâncias em função do custo e
- a minimização da sensibilidade de tolerâncias de acordo com variações nos processos de fabricação e ambiente de serviço, isto é, o projeto de tolerâncias em função da qualidade e da confiabilidade.

Por sua vez, os métodos de projeto de tolerâncias são classificados como:

- determinísticos ou
- probabilísticos.

Um modelo determinístico é definido por Law *et al.* (2000) como aquele que não contém qualquer componente probabilístico, ou seja, as entradas e as saídas são numéricas, não tendo qualquer relação com funções probabilísticas.

Segundo Silva (2005), os métodos determinísticos pressupõem que todos os dados necessários para a descrição do modelo são conhecidos. No entanto, dificilmente se conhecem todos esses valores com absoluta certeza, necessitando-se avaliar situações em que algumas variáveis possuam valores aleatórios. Dentro

desse contexto, segundo Harrel *et al.* (2000), os métodos probabilísticos são definidos como aqueles em que uma ou mais variáveis de entrada são aleatórias, assumindo uma distribuição de probabilidades que pode ser conhecida, ou não.

Entre os métodos determinísticos, a programação linear e a programação não linear têm sido frequentemente usadas. A programação inteira em síntese de tolerâncias discretas foi usada pela primeira vez por Ostwald & Huang (OSTWALD *et al.*, 1977). O trabalho de Monte & Datsaris (MONTE *et al.*, 1982) é uma extensão da programação inteira apresentada por Ostwald & Huang (OSTWALD *et al.*, 1977) para resolver uma larga escala de problemas de toleranciamento determinístico utilizando a programação linear. Kim & Knott (KIM *et al.*, 1988) propuseram uma aproximação pseudobooleana para determinar as tolerâncias em função do mínimo custo de geração da superfície. Lee *et al.* (1989) propuseram um modelo discreto de custo-tolerância para a seleção otimizada de tolerâncias, envolvendo vários processos de fabricação. Smathers *et al.* (1972) usaram o princípio de Bellman para selecionar o custo mais eficiente de processos para encontrar os requisitos de montagem em um conjunto de processos. Segundo Ngoi *et al.* (1998), o modelo Monte Carlo foi elaborado para fornecer a simulação mais próxima da tolerância de montagem atual, mas a simulação exigiu que a completa informação das distribuições das tolerâncias componentes fosse conhecida.

2. Materiais e Métodos

O modelo matemático descrito a seguir tem como objetivo a realização da síntese de tolerâncias fazendo uso da programação linear. A sua estruturação requer o conhecimento e a determinação de variáveis de projeto (afastamentos), fabricação (custo ou tempo total

Com base nas dimensões da Figura (2), deve-se realizar a síntese, de forma que, no final, o somatório dos afastamentos superiores das dimensões componentes x_i seja igual ao afastamento superior da dimensão resultante x_T , e de maneira análoga para os afastamentos inferiores, conforme apresentado nas Equação (1) e na Equação (2).

$$\sum_{i=1}^n x_i = x_T \quad (1)$$

Onde:

x_i = i-ésimo afastamento superior das dimensões componentes;

x_T = afastamento superior da dimensão resultante e

n = número de dimensões da peça.

$$\sum_{i=1}^n y_i = y_T \quad (2)$$

Onde:

y_i = i-ésimo afastamento inferior das dimensões componentes e

y_T = afastamento inferior da dimensão resultante.

O critério utilizado para satisfazer as condições da Equação (1) e da Equação (2), por meio do modelo de programação linear proposto a seguir, poderá tomar como função objetivo a minimização do custo ou do tempo necessário para obtenção de cada dimensão específica. Assim, tem-se o seguinte modelo:

Minimizar

$$y^* = \sum_{i=1}^{m'} \sum_{j=1}^{n'} a_{ij} \cdot l_{ij} \quad (3)$$

Onde:

y^* = função objetivo que representa o custo ou o tempo direto para se gerar a peça;

a_{ij} = custo ou tempo direto para a geração da dimensão "i", utilizando-se a máquina-ferramenta "j";

$l_{ij} = 1$ se a máquina-ferramenta "j" for utilizada para a geração da dimensão "i", e zero caso contrário;

m' = número de tolerâncias dimensionais e

n' = número de máquinas-ferramenta utilizadas para a geração da dimensão "i".

Sujeito às seguintes equações de restrição

$$\sum_{i=1}^{m''} z_i \leq x_T \quad (4)$$

Onde:

m'' = número de dimensões que serão trabalhadas na peça.

$$\sum_{i=1}^{m''} q_i \leq y_T \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^{n''} l_{ij} = 1 \quad (6)$$

Onde:

n'' = número de máquinas-ferramenta possíveis de serem utilizadas na geração da peça.

$$p_{ij} = \frac{e_{ij}}{2} \quad (7)$$

Onde:

e_{ij} = incerteza de medição da dimensão "i", fabricada com a máquina-ferramenta "j".

$$\sum_{j=1}^{n''} p_{1j} \cdot l_{1j} \leq x_1$$

$$\sum_{j=1}^{n''} p_{2j} \cdot l_{2j} \leq x_2$$

$$\vdots$$

$$(8)$$

$$\sum_{j=1}^{n''} p_{ij} \cdot l_{ij} \leq x_i$$

$$\sum_{j=1}^{n''} p_{1j} \cdot l_{1j} \leq y_1$$

$$\sum_{j=1}^{n''} p_{2j} \cdot l_{2j} \leq y_2$$

$$\vdots$$

$$\sum_{j=1}^{n''} p_{ij} \cdot l_{ij} \leq y_i$$

$$z_1 \leq b_1$$

$$z_2 \leq b_2$$

$$\vdots$$

$$z_i \leq b_i$$

Onde:

z_i = valor do afastamento superior da dimensão “ i ”, obtido após a síntese e

b_i = valor do afastamento superior da dimensão “ i ”, antes da síntese.

$$q_1 \leq c_1$$

$$q_2 \leq c_2$$

$$\vdots$$

$$q_i \leq c_i$$

Onde:

q_i = valor do afastamento inferior da dimensão “ i ”, obtido após a síntese e

c_i = valor do afastamento inferior da dimensão “ i ”, antes da síntese.

$$l_{ij} = 0 \text{ ou } 1$$

3. Resultados e discussão

A fim de apresentar a aplicação prática do modelo desenvolvido, será proposta a síntese de tolerâncias no eixo de aço ABNT 1020, mostrado na Figura (3), o qual está dividido em cinco regiões, a saber: 1, 2, 3, 4 e 5. O eixo chega ao setor de tornearia já pré-fabricado com um sobremetal de 3 mm. Foram fabricados três eixos em cada máquina-ferramenta. Em todo eixo, o valor do parâmetro de rugosidade não deverá ultrapassar 2 μm .

Para a fabricação dos eixos, poderão ser utilizados dois tornos, aqui designados por TORNO 1 e TORNO 2, com as características descritas a seguir.

TORNO 1 – torno CNC; potência de 15kW; variação contínua de rotações; rotação máxima de 3500rpm; rendimento de 90%.

A ferramenta utilizada é um inserto reversível de metal duro, referência DCMT 11T3 08 – UR, com raio de arredondamento de ponta de 0,8 mm, com quatro arestas cortantes.

O porta-ferramenta possui referência SDJCR 2525 M11, com ângulo de posição de 93° e ângulo de folga de 7°.

Dados adicionais: coeficiente de Kienzle igual a 185; expoente de Kienzle igual a 0,85; salário-homem igual a R\$ 3,00/hora; salário-máquina igual a R\$ 15/hora; tempo de troca da ferramenta igual a 1 minuto; preço da matéria-prima R\$ 4,00/kg e tempo de preparação da máquina-ferramenta igual a 15 minutos.

Os parâmetros da fórmula expandida de Taylor são: G = -0,35; C = 660; E = -0,15; F = -0,1.

Os parâmetros ótimos de fabricação, obtidos diretamente do programa computacional SGF, estão apresentados na Tabela 1.

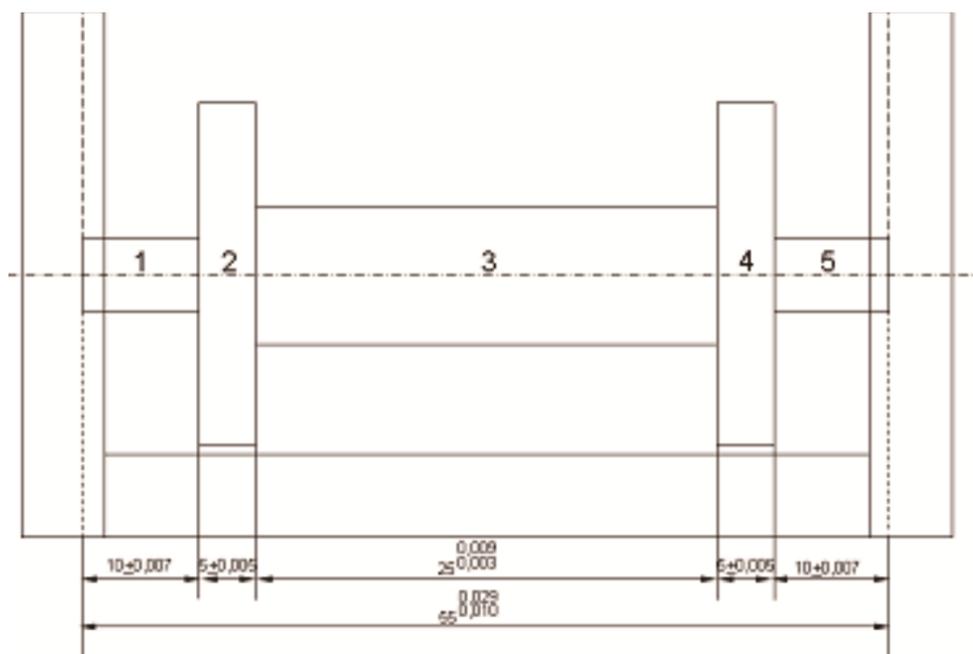


Figura 3. Eixo onde será realizada a síntese de tolerâncias dimensionais

Tabela 1: Parâmetros ótimos para fabricação da peça, utilizando-se o TORNO 1

Parâmetros	Regiões 1 e 5	Região 3	Regiões 2 e 4
Diâmetro inicial (mm)	46,3	87,0	206,0
Diâmetro final (mm)	40,3	81,0	200,0
Velocidade de corte (m/min)	144	144	144
Avanço (mm/volta)	0,22	0,22	0,22
Profundidade de corte (mm)	3,00	3,00	3,00
Custo direto para geração da dimensão (R\$)	0,02	0,10	0,05

TORNO 2 – torno convencional; potência de 6,3cv; avanços (mm/volta): 0,053; 0,074; 0,079; 0,094; 0,116; 0,14; 0,15; 0,16; 0,19; 0,223; 0,254; 0,282; 0,297; 0,32; 0,348; 0,374; 0,394; 0,449; 0,49; 0,554; 0,62; 0,675; 0,731 e 1,013; rotações (RPM): 31,5; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600 e 2500 e rendimento de 80%.

A ferramenta utilizada é um inserto reversível de metal duro, referência SPMR 090304, com raio de arredondamento de ponta de 0,4mm, com quatro arestas cortantes.

O porta-ferramenta possui referência Csbpr 1616 H 09, com ângulo de posição de 75° e ângulo de folga de 11°.

Dados adicionais: salário-máquina igual a R\$ 20/hora; tempo de preparação da máquina igual a 20 minutos; tempo improdutivo igual a 3 minutos.

Os parâmetros ótimos de fabricação, obtidos diretamente do programa computacional SGF, estão apresentados na Tabela 2.

Para a medição dos comprimentos referentes a cada uma das regiões, foi utilizada

uma máquina de medição por coordenadas com menor divisão de 0,001 mm, incerteza expandida de medição (U) para um fator de abrangência $k = 2,0$, como mostrado na Equação (13), e erro de indicação (E_e), conforme Equação (14). Nesse caso específico, a variável “ L ” representa a média de três valores de comprimentos medidos em milímetros. É importante salientar que o valor da incerteza expandida de medição utilizada como variável de restrição para cada cota de comprimento é a maior incerteza de medição obtida das três peças fabricadas no torno 1, conforme mostrado na Tabela 3, e a maior incerteza de medição para cada uma das cotas obtidas nas outras três peças fabricadas no torno 2, conforme Tabela 4. A temperatura média durante as medições foi igual a 20,4°C.

$$U = \left(2,5 + \frac{L}{156} \right) [\mu m] \quad (13)$$

$$E_e = \left(6 + \frac{L}{212} \right) [\mu m] \quad (14)$$

Tabela 2: Parâmetros ótimos para fabricação da peça, utilizando-se o TORNO 2

Parâmetros	Regiões 1 e 5	Região 3	Regiões 2 e 4
Diâmetro inicial (mm)	46,3	87,0	206,0
Diâmetro final (mm)	40,3	81,0	200,0
Velocidade de corte (m/min)	214	214	214
Avanço (mm/volta)	0,15	0,15	0,15
Profundidade de corte (mm)	1,5	1,5	1,5
Custo direto para geração da dimensão (R\$)	0,05	0,25	0,12

Tabela 3: Dados de medição das cotas geradas no torno 1 que apresentaram a maior incerteza de medição

Comprimento nominal (mm)	Medições (mm)			Média (mm)	U (mm)	k
	X ₁	X ₂	X ₃			
10 (região 1)	10,006	10,006	10,003	10,005	0,004	2,13
5 (região 2)	5,012	5,009	5,008	5,010	0,004	2,21
25 (região 3)	25,015	25,012	25,011	25,013	0,004	2,21
5 (região 4)	5,003	50,008	5,008	50,006	0,006	2,52
10 (região 5)	10,028	10,026	10,028	10,027	0,003	2,03

Tabela 4: Dados de medição das cotas geradas no torno 2 que apresentaram a maior incerteza de medição

Comprimento nominal (mm)	Medições (mm)			Média (mm)	U (mm)	k
	X ₁	X ₂	X ₃			
10 (região 1)	10,012	10,010	10,016	10,013	0,006	2,65
5 (região 2)	5,003	5,007	5,004	5,005	0,004	2,21
25 (região 3)	25,017	25,021	25,0120	25,017	0,010	3,31
5 (região 4)	5,011	5,015	5,017	5,014	0,006	2,65
10 (região 5)	10,032	10,030	10,037	10,033	0,007	2,87

A Figura (4) apresenta, esquematicamente, a configuração dos custos e incertezas para cada dimensão, de acordo com a máquina-ferramenta utilizada.

Com base nos dados gerados, parte-se para a otimização do modelo por meio da programação linear. O programa computacional utilizado foi o LINDO (Linear Interactive aNd Discrete Optimizer). Para o estudo experimental, o modelo matemático no formato do LINDO apresenta a configuração abaixo. Os dados de saída estão mostrados na Tabela 5.

MIN 0.02 I₁₁+0.05 I₁₂+0.05 I₂₁+0.12 I₂₂+0.10 I₃₁+0.25 I₃₂+0.05 I₄₁+0.12 I₄₂+0.02 I₅₁+0.05 I₅₂

(Função objetivo a ser minimizada, representando o custo para geração de cada dimensão. Por exemplo, 0,02 I₁₁ significa que o custo para gerar a dimensão 1, utilizando-se o torno 1, é igual a R\$0,02)

Sujeito à (A partir deste ponto são apresentadas as equações de restrição do modelo proposto)

$z_1 \leq 0.007$ (A existência desta restrição significa que, após a síntese, o afastamento superior da dimensão 1 deverá ser menor ou igual a 0,007 mm)

$z_2 \leq 0.005$

$z_3 \leq 0.009$

$z_4 \leq 0.005$

$z_5 \leq 0.007$

$q_1 \leq 0.007$ (Esta restrição significa que, após a síntese, o afastamento inferior da dimensão 1 deverá ser menor ou igual a 0,007 mm)

$q_2 \leq 0.005$

$q_3 \leq 0.003$

$q_4 \leq 0.005$

$q_5 \leq 0.007$

$z_1+z_2+z_3+z_4+z_5 \leq 0.029$ (Esta equação de restrição indica que o somatório dos afastamentos superiores não poderá exceder o

afastamento superior da dimensão limite, que é igual a 0,029 mm)

$q_1+q_2+q_3+q_4+q_5 \leq 0.010$ (Esta equação de restrição indica que o somatório dos afastamentos inferiores não poderá exceder o afastamento inferior da dimensão limite, que é igual a 0,010 mm)

$l_{11}+l_{12}=1$ (Esta restrição indica que ou l_{11} ou l_{12} será igual a 1, ou seja, a variável que for igual a 1 fará a outra ser igual a zero, o que significa que a dimensão 1 poderá ser gerada apenas pelo torno 1 ou pelo torno 2. Por exemplo, se l_{11} for igual a 1, significará que a dimensão 1 será gerada pelo torno 1)

$$l_{21}+l_{22}=1$$

$$l_{31}+l_{32}=1$$

$$l_{41}+l_{42}=1$$

$$l_{51}+l_{52}=1$$

$0.002 l_{11}+0.003 l_{12}-z_1 \leq 0$ (Esta equação se refere ao fato de que a incerteza expandida da medição da dimensão 1, cuja peça for fabricada pelo torno 1 ou pelo torno 2, deverá ser no máximo igual ao afastamento superior da dimensão 1)

$$0.002 l_{21}+0.002 l_{22}-z_2 \leq 0$$

$$0.002 l_{31}+0.005 l_{32}-z_3 \leq 0$$

$$0.003 l_{41}+0.003 l_{42}-z_4 \leq 0$$

$$0.002 l_{51}+0.004 l_{52}-z_5 \leq 0$$

$0.002 l_{11}+0.003 l_{12}-q_1 \leq 0$ (Esta equação se refere ao fato de que a incerteza expandida da medição da dimensão 1, cuja peça for fabricada pelo torno 1 ou pelo torno 2, deverá ser no máximo igual ao afastamento inferior da dimensão 1)

$$0.002 l_{21}+0.002 l_{22}-q_2 \leq 0$$

$$0.002 l_{31}+0.005 l_{32}-q_3 \leq 0$$

$$0.003 l_{41}+0.003 l_{42}-q_4 \leq 0$$

$$0.002 l_{51}+0.004 l_{52}-q_5 \leq 0$$

END

GIN l_{11} (Este commando indica que a variável l_{11} assumirá um valor inteiro)

GIN l_{12}

GIN l_{11}

GIN l_{22}

GIN l_{31}

GIN l_{32}

GIN l_{41}

GIN l_{42}

GIN l_{51}

GIN l_{52}

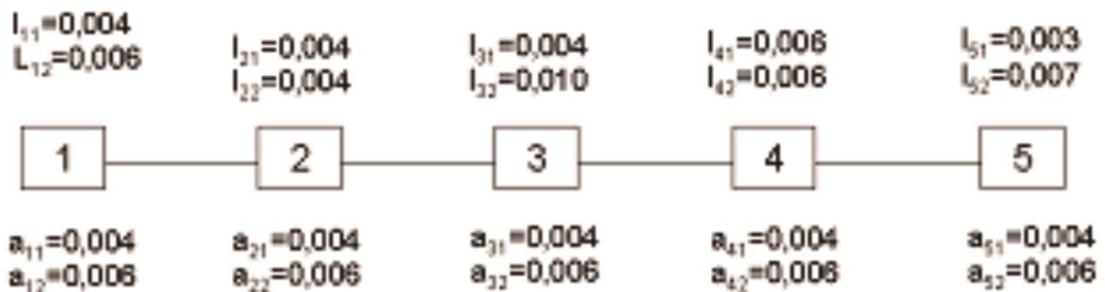


Figura 4. Configuração esquemática das variáveis para composição do modelo matemático

Tabela 5: Dados gerados pelo LINDO para os afastamentos após a síntese

VARIÁVEL	VALOR
Z ₁	0,002
Z ₂	0,002
Z ₃	0,001
Z ₄	0,003
Z ₅	0,002
q ₁	0,002
q ₂	0,002
q ₃	0,001
q ₄	0,003
q ₅	0,002

4. Conclusões

Analisando-se os dados da tabela 5, constata-se que, após a síntese de tolerâncias, as dimensões 1, 2 e 5 passaram a ter afastamentos iguais a + 0,002 mm, a dimensão 3 ficou com + 0,001 mm e a dimensão 4 com + 0,003 mm. As diminuições dos valores dos afastamentos em cada uma das dimensões se deram em virtude da necessidade de atendimento às restrições referentes às dimensões limites que, para o afastamento superior, foi de 0,029 mm e, para o inferior, foi de 0,010 mm, levando-se em consideração, também, os custos para geração das dimensões em cada máquina-ferramenta disponível.

Os valores de l_{12} , l_{22} , l_{32} , l_{42} e l_{52} foram todos iguais a zero, o que significa dizer que nenhuma peça deverá ser fabricada pela máquina-ferramenta 2.

5. Referências

CHASE, K & Parkinson, A. A survey of research in the application of tolerance analysis to the design of mechanical assemblies. Res. Eng. Dês. Vol 1, N° 3, pp 23 – 37, Toronto, 1991.

HARREL, C. R.; Ghosh, B. K. & Bowden, R. “Simulation using promodel”. Mc Graw-Hill, Boston, 2000.

JUSTER, N. Modelling and representation of dimensions and tolerances: a survey. Comput. Aided Dês. Vol 24, N° 1, pp 3 – 17, Elsevier, Great Britain, 1992.

KIM, S. H. & Knott, K. A pseudo-boolean approach to determining least cost tolerances. International journal of production research. Vol. 26, N° 1, pp 157-167, London, 1988.

KUSIAK, A. & Feng, C. “Deterministic tolerance synthesis: a comparative study”. Computer-aided design, vol. 27, n° 10, Great Britain, 1995.

LAW, A. & Kelton, D. “Simulation modeling and analysis”. New York, Mc Graw-Hill, Boston, 2000.

LEE, W. J. & Woo, T. C. “Optimum selection of discrete tolerances”. Journal of mechanisms, transmissions and automation in design, 111, ASME, New York, 1989.

MONTE, M. & Datsoris, P. Optimum tolerance selection for minimum manufacturing cost and other design criteria. ASME technical paper 82-DET35, New York, 1982, pp. 1-9.

NGOI, B. K. A.; Ong, C. T. Product and process dimensioning and tolerancing techniques. A state-of-the-art review. Int J Adv Manuf Technol, Springer-Verlag London Limited, London, 1998.

OLIVEIRA, J. E. F. de. “Desenvolvimento de um programa computacional para integração de dados de projeto, fabricação e medição de peças torneadas com ênfase na síntese de tolerâncias dimensionais determinísticas”. Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco, 2009.

OSTWALD, P. & Huang, J. A method for optimal tolerance selection. ASME J. Eng. Indust. Vol 109, nº 4, New York, 1977, p. 558-565.

SILVA, W. A. da. “Otimização de parâmetros da gestão baseada em atividades (ABM) aplicada a uma célula de manufatura”. Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá, 2005.

SMATHERS, E. W. & Ostwald, P. F. Optimization of component functional dimensions and tolerances. ASME, 72-DE-18, New York, 1972.

TEERAVARAPRUG, J. “Deterministic tolerance synthesis with a consideration of nominal values”. Thammasat Int. J. Sc. Tech, vol. 7, nº 1, Thailand, January-April, 2002.

TEERAVARAPRUG, J. “A comparative study of probabilistic and worst-case tolerance synthesis”.

Engineering Letters, 14:1, EL_14_1_5. Advance online publication: 12, Hong Kong, February 2007.

VOELCKER, H. A current perspective on tolerancing and metrology. Proc. Int. Fórum Dimensional Tolerancing & Metrology. ASME, New York, pp 49 – 66, 1993.



Desenvolvimento de um programa computacional para seleção adequada do sistema de medição

Development of a computer program for an appropriate selection of a measurement



Submetido em 01.05.14 | Aceito em 09.06.14 | Disponível on-line em 22.09.14

Amadeus Julius Costa Xavier, José Eduardo Ferreira de Oliveira*, Nelson Gonçalves da Silva, Eduardo José Alcício de Oliveira, Helton Layon dos Santos,

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Laboratório de Metrologia Dimensional, Av. Professor Luiz Freire, 500, Cidade Universitária, CEP 50740-540, Recife – PE, Brasil | joseferreira@recife.ifpe.edu.br

RESUMO

Sistemas de medição são amplamente utilizados em diversos processos produtivos e laboratórios de ensaio e calibração, no entanto as organizações, de maneira geral, ainda enfrentam problemas na hora de selecionar um sistema de medição mais adequado a uma dada tarefa, podendo assim incorrer, no tocante ao controle da qualidade de produtos, em duas possíveis situações: a de reprovar produtos bons, ou a de aprovar produtos defeituosos. Em ambas as situações, há um aumento no custo e no tempo geral de fabricação do produto. Na prática, existem vários critérios utilizados para a seleção de um dado instrumento de medição ou sistema de medição, dentre os quais se pode destacar: custo, estabilidade, a exatidão requerida, faixa de indicação, condições ambientais e incerteza de medição. Analisando-se esses indicativos, pode-se realizar a seleção que melhor atenda aos requisitos do processo produtivo. O segundo passo é comparar esses critérios técnicos com as tolerâncias. Para a seleção do sistema de medição mais adequado, devem-se considerar os aspectos técnicos, econômicos e logísticos. Dentro desse contexto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um módulo de um programa computacional na linguagem VBA (Visual Basic for Application), com o objetivo principal de selecionar o instrumento de medição ou o sistema de medição mais adequado a uma dada medição, levando-se em consideração os critérios de tolerância do mensurando, a incerteza expandida, o erro de indicação e o custo de aquisição e de operação do instrumento ou do sistema de medição. A funcionalidade do programa foi avaliada por meio de um estudo de cotas de comprimento toleranciadas de buchas de aço, em que o mesmo se mostrou confiável na seleção do sistema de medição e amigável ao usuário.

Palavras-chaves: Seleção, sistema de medição, capacidade.

ABSTRACT

Measurement systems are widely used in various production processes and testing and calibration laboratories, however organizations have problems for selecting the most appropriate measurement system to a particular task, which can generate considering the quality control of products in two possible situations: reprove a good product or approve faulty products. In both cases, there is an increase in the overall cost and manufacturing time of the product. In practice, there are several criteria used for the selection of a given measurement instrument or measurement system, which we can quote: cost, stability, accuracy, indication range, environment and uncertainty in measurement. Analyzing these indications, we can make the best selection for the production process. The second step is to compare these technical criteria with the tolerances. To select the most suitable measuring system, should consider the technical, economic and logistical aspects. In this context, the objective of this work was to develop a software module in the VBA (Visual Basic for Application) language with the main objective to select a measurement instrument or a measurement system the most suitable for a given measurement, take into account the above criteria of the measurand, the expanded uncertainty, the error of indication and the cost of owning and operating the instrument or measuring system. The functionality of the program was evaluated through a study of long toleranced dimensions of steel bushings, where it has proven reliable in the selection of the measurement and user friendly system.

Keywords: selection, measurement system, capability.

1. Introdução

Sistemas de medição são amplamente utilizados em diversos processos produtivos (BRASIL, 2010; FONSECA, 2008; INMETRO, 2003), incluindo laboratórios de ensaio e calibração, sejam esses acreditados de acordo com a ISO 17025 (ISO/IEC ABNT NBR 17025, 2005), ou não.

Operadores do sistema de medição têm grande chance de medir de maneira diferente daquela para a qual o sistema foi concebido, seja pela rotação de operadores que submete os sistemas de medição a modos de operação diferentes, seja por problema da deterioração natural ou dos incidentes, comuns no “chão de fábrica”. A escolha do sistema de medição mais adequado a uma determinada aplicação é frequentemente um problema para o engenheiro de instrumentação, embaraçado diante de muitas alternativas (DELMEE, 2003). Por isso, deve-se dispor de meios para a seleção correta dos meios de medição a serem utilizados, de forma a garantir os resultados medidos numa base periódica (COELHO, 2006). Assim, a adequada escolha do sistema de medição padrão a ser utilizado repercutirá na qualidade e no resultado final das medições (SILVA NETO, 2012).

Os critérios para a seleção de um sistema de medição são divididos em duas etapas: a primeira é composta por requisitos da tarefa de medição e a segunda é o processo de seleção propriamente dito. Na primeira, realiza-se uma ampla caracterização do processo de medição, definindo-se o real objetivo daquela medição, o que se pretende medir e alcançar com aquela medição e que venha atender aos aspectos da aplicação: técnicos, econômicos e logísticos. Os aspectos técnicos são as necessidades técnicas do processo para o qual as medições são realizadas. Já os custos e benefícios de um dado sistema de medição são os aspectos da avaliação econômica.

Os aspectos logísticos são a observação do prazo de entrega, a assistência técnica, a manutenção e as possibilidades de atualizações. As principais características requeridas para a tarefa de medição devem ser claras e são decisivas para a seleção de um sistema de medição. Parâmetros adicionais podem ajudar na seleção de um sistema de medição no caso de aplicações muito específicas. São alguns dos aspectos levantados sobre requisitos da tarefa de medição perguntas como: O que está sendo medido? Por que está sendo medido? Onde medir? Como realizar a medição? Qual a faixa de indicação? Qual a incerteza de medição? Qual a resolução? Qual a velocidade de medição? Qual a taxa de medição? Quais são as condições de medições?

Historicamente, a tarefa de definir o processo de medição mais adequado a uma atividade particular se baseava em uma relação entre tolerância de projeto e incerteza de medição. No entanto, existem outras variáveis que influenciam na escolha do processo de medição mais adequado, como a variabilidade do processo de fabricação e os custos associados aos erros de classificação (URRUTIA, 2000). Dessa forma, os métodos atualmente empregados para adequação dos sistemas de medição ao processo são dados de acordo com:

- a resolução do instrumento: considera-se adequada a utilização de instrumentos de medição com resolução entre 10% a 33% da tolerância;
- o erro máximo do instrumento: considera-se adequada a utilização de instrumentos de medição com erro máximo dentro da faixa de medição de 25% da tolerância e
- a incerteza do instrumento de medição: considera-se adequada a utilização de instrumentos de medição com incerteza

entre 10% e 33% da tolerância (ISO/ABNT NBR 10012-1, 1993).

OLIVEIRA (2009) considera que a incerteza expandida do sistema de medição deverá ser menor ou igual a $\frac{1}{4}$ da tolerância da respectiva dimensão a ser medida, uma vez que o valor de 25% encontra-se na faixa utilizada de 10% a 33%, e normas internacionais consideram suficiente o valor de $\frac{1}{4}$ (ROLIM, 2003); o erro de indicação deverá ser menor ou igual a $\frac{1}{4}$ da tolerância; e a resolução adotada deverá ser menor ou igual a $\frac{1}{6}$ da tolerância.

Utilizando-se um programa computacional numa empresa, os padrões utilizados podem ser cadastrados no sistema com os dados dos certificados, podem-se registrar informações dos instrumentos, determinar frequências de calibração e verificar, de forma rápida, o histórico de uso dos mesmos.

O objetivo deste trabalho foi o de desenvolver um módulo de um programa computacional na linguagem VBA (“Visual Basic for Application”) a ser utilizado para seleção de instrumentos ou sistemas de medição mais adequados a uma dada medição.

2. Metodologia

2.1 Estruturação do programa

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um módulo computacional para a correta seleção do instrumento de medição ou sistema de medição mais adequado a uma dada aplicação, considerando-se a tolerância do mensurando, a incerteza expandida, o erro de indicação e o custo de aquisição e de operação do instrumento ou sistema de medição. Esse programa foi desenvolvido na linguagem VBA (*Visual Basic for Application*) e tem como principal característica a confiabilidade na seleção, a simplicidade e a interface amigável com o

usuário, podendo a princípio ser utilizado em qualquer laboratório de medição, ensaio ou calibração. Esse programa possui ainda uma ferramenta que determina os índices de capacidade de processo. A figura 1 apresenta os dois módulos de operação do mesmo, enquanto que a figura 2 apresenta a tela inicial do programa.

2.2 Módulo de seleção do sistema de medição

O instrumento de medição ou o sistema de medição mais adequado a uma dada aplicação industrial é determinado, seguindo-se as etapas, de acordo com o fluxograma da figura 3.

Para o sistema de medição ser considerado apto na condição econômica, o valor de sua incerteza deverá ser três vezes menor ou igual ao valor da tolerância; o valor do erro de indicação desse sistema de medição precisa ser quatro vezes menor ou igual à tolerância; e o valor da resolução precisa ser três vezes menor ou igual à tolerância.

A etapa inicial consiste na inserção dos seguintes dados:

- incerteza expandida do sistema de medição, a qual é obtida diretamente no certificado de calibração do mesmo;
- erro de indicação do sistema de medição, em que se considera o maior erro apresentado no certificado de calibração;
- resolução do sistema de medição e
- a tolerância da característica a ser medida.

Em seguida, deve-se estabelecer a condição (ideal, econômica ou normal) para essa seleção. É importante salientar que essa condição foi estabelecida no âmbito deste trabalho. A condição ideal é a mais rigorosa entre as três. Para um sistema ser considerado apto nessa condição, o valor da incerteza de medição precisa ser pelo menos dez vezes menor ou igual ao valor da

tolerância; o valor do erro do sistema de medição precisa ser pelo menos quatro vezes menor ou igual ao valor da tolerância; e a resolução do sistema de medição precisa ser pelo menos dez vezes menor ou igual ao valor da tolerância. Caso contrário, o sistema é considerado inapto.

Considerando-se a condição normal, para o sistema de medição ser considerado apto, o valor

de sua incerteza de medição deverá ser seis vezes menor ou igual à tolerância; o erro de indicação desse sistema precisa ser quatro vezes menor ou igual à tolerância; e a sua resolução precisa ser seis vezes menor ou igual ao valor da tolerância. Uma vez atribuída a condição, o programa compara, simultaneamente, a tolerância com a incerteza do sistema de medição, resolução e erro de indicação.

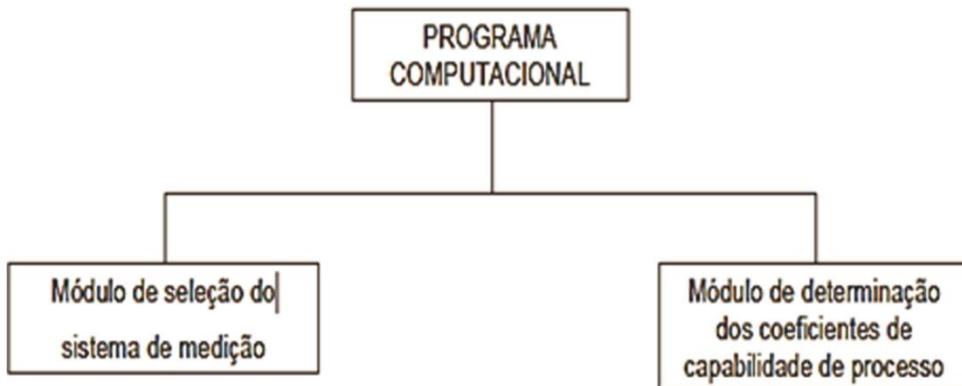


Figura 1. Módulos que compõem o programa

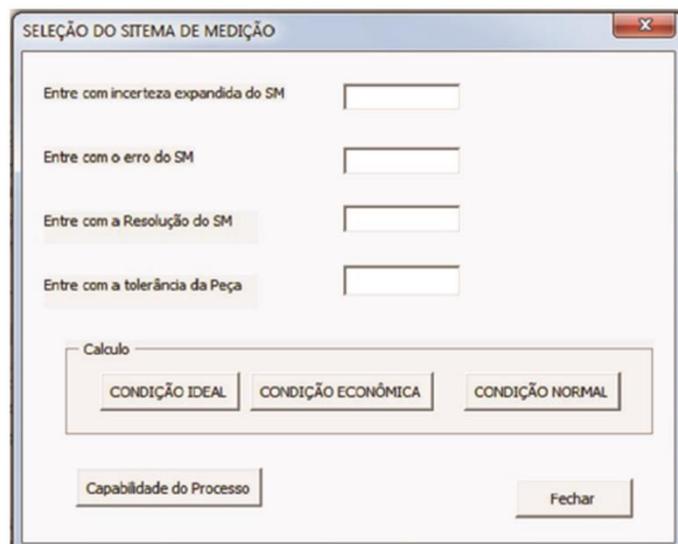


Figura 2. Tela inicial do programa computacional

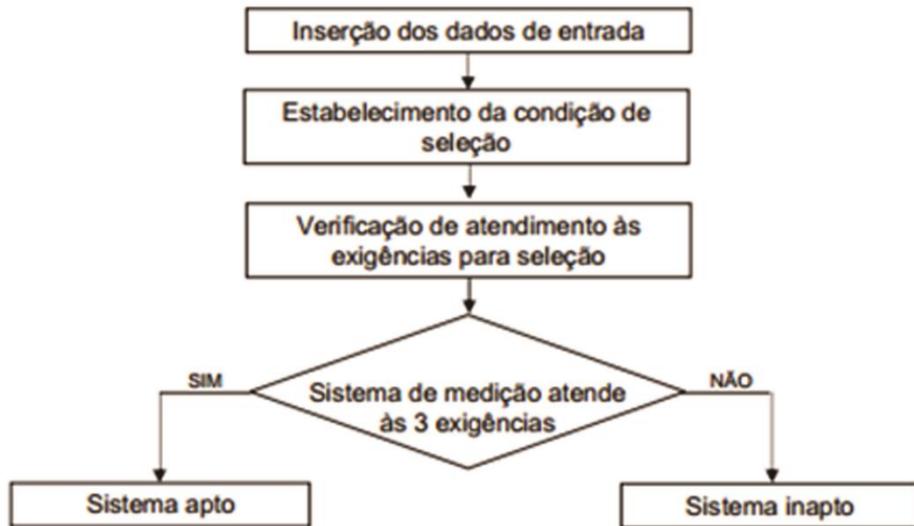


Figura 3. Etapas para seleção do sistema de medição.

2.3 Módulo de cálculo dos coeficientes de capacidade

Outra ferramenta do programa diz respeito à determinação dos coeficientes de capacidade do processo C_p e C_{pk} , com o intuito de se verificar se o processo é capaz de produzir dentro dos limites de especificação. As Equações 1 e 2 representam, respectivamente, tais coeficientes (DAVIS *et al*, 2001). A figura 4 apresenta a tela do programa para o cálculo desses coeficientes.

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \quad (1)$$

Onde:

LSE – Limite superior de especificação é o maior valor em que a dimensão poderá se encontrar, a fim de atender aos requisitos de projeto (qualidade);

LIE – Limite inferior de especificação é o menor valor em que a dimensão poderá se encontrar, a

fim de atender aos requisitos de projeto (qualidade) e

σ – desvio padrão amostral.

$$C_{pk} = \text{mínimo} \left(\frac{\bar{X} - LIE}{3\sigma}, \frac{LSE - \bar{X}}{3\sigma} \right) \quad (2)$$

Onde \bar{X} é a média aritmética.

A diferença entre os dois coeficientes é que o C_{pk} , ao contrário do C_p , leva em consideração quanto a média aritmética se distancia dos limites de especificação. Para cada um desses coeficientes, o valor mínimo estabelecido pelo programa é 1,33. Especificamente com relação ao coeficiente C_{pk} , o programa atribui o valor mínimo dos dois valores determinados, conforme Equação (2). Uma vez que os dois coeficientes apresentem valores iguais ou superiores a 1,33, o programa apresenta a mensagem “Sistema Apto”. Caso contrário, aparecerá a mensagem “Sistema Inapto”.

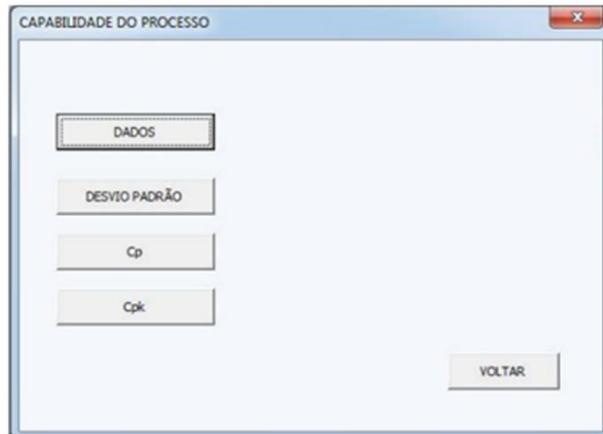


Figura 4. Tela do programa para a determinação dos coeficientes de capacidade de processo

2.4. Aplicação experimental

A fim de apresentar-se a funcionalidade do programa, foi realizado um estudo nas cotas de comprimento toleranciadas da Figura 5. As buchas de aço foram medidas utilizando-se um dos possíveis equipamentos de medição (instrumento ou sistema de medição) apresentados na Tabela 1.

A fim de apresentar-se a lógica do algoritmo do programa, conforme Figura 3, foi tomada a cota de $(65 \pm 0,1)$ mm, cujo afastamento superior (e_s) é igual a $+0,1$ mm e o afastamento inferior (e_i) vale $-0,1$ mm. A tolerância (t) é dada pela Equação (3) (NBR 6156, 1996). Portanto, para a dimensão em questão, esse valor é igual a $0,2$ mm.

$$t = e_s - e_i \quad (3)$$

Para a referida medição, é tomado, como exemplo, um paquímetro analógico da Tabela 1, com as seguintes características:

- faixa nominal = 0 – 150mm;
- resolução = 0,02mm;
- erro de exatidão = $\pm 0,02$ mm e
- incerteza expandida = $\pm 0,02$ mm.

Tomando-se como base para a seleção a **condição ideal**, deve-se comparar a incerteza expandida do paquímetro, a resolução e o erro de exatidão com a tolerância, conforme Eqs (4, 5, 6), respectivamente.

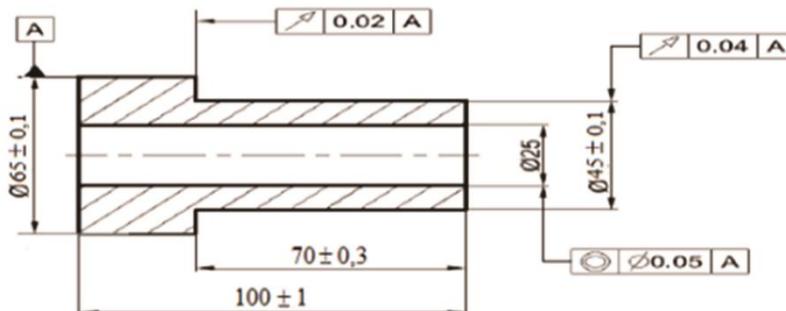


Figura 5. Bucha de aço

Tabela1. Sistemas de medição disponíveis na empresa

Equipamento	Faixa nominal (mm)	Menor divisão (mm)	Erro de exatidão (mm)	Incerteza expandida (mm)	Fator de abrangência (k)	Custo de aquisição (R\$)	Custo de calibração (R\$)
Máquina de medição por coordenadas		0,001	$(6+(L/212)) \times 10^{-3}$	$(+2,5+(L/156)) \times 10^{-3}$	2,0	320.000,00	
Paquímetro digital	0-150	0,01	$\pm 0,01$	$\pm 0,02$	2,2	300,00	35,00
Paquímetro digital	0-300	0,01	$\pm 0,03$	$\pm 0,04$	2,42	350,00	35,00
Paquímetro analógico	0-200	0,05	$\pm 0,05$	$\pm 0,02$	2,01	300,00	
Paquímetro analógico	0-150	0,02	$\pm 0,02$	$\pm 0,02$	2,1	150,00	35,00
Paquímetro analógico	0-300	0,05	$\pm 0,08$	$\pm 0,04$	2,0	323,50	35,00
Calibrador traçador de altura com contador mecânico	0-300	0,01	$\pm 0,03$	$\pm 0,03$	4,51	550,00	50,00
Calibrador traçador de altura digital	0-450	0,01	$\pm 0,05$	$\pm 0,02$	2,0	700,00	50,00
Escala de aço	0-300	1	$\pm 0,06$	$\pm 0,06$	2,3	30,00	35,00
Escala de aço	0-300	0,5	$\pm 0,04$	$\pm 0,04$	2,3	30,00	35,00
Trena de aço	0-2000	1	± 1	0,8	2,0	50,00	50,00

2.4.1. Comparação entre a incerteza expandida (U) e a tolerância (t)

De acordo com a condição ideal, tem-se:

$$U \leq \frac{1}{10} \cdot t \quad (4)$$

$$\text{Logo, } U \leq \frac{1}{10} \cdot 0,2, U \leq 0,02\text{mm}$$

Como U é igual a 0,02mm, a condição **foi atendida** por esse critério.

2.4.2. Comparação entre a resolução (r) do paquímetro e a tolerância (t)

Na condição ideal, o critério referente à resolução do paquímetro é apresentado pela Equação (5).

$$r \leq \frac{1}{10} \cdot t \quad (5)$$

$$r \leq 0,02\text{mm}$$

Como r é igual a 0,02mm, a condição **foi atendida**, considerando-se este critério.

2.4.3. Comparação entre o erro de exatidão (e) do paquímetro e a tolerância (t)

Para a condição ideal, tem-se:

$$e \leq \frac{1}{4} \cdot t \quad (6)$$

$$e \leq 0,05$$

Como e é igual a 0,02mm, esse critério também **foi atendido**. Logo, como todos os três critérios foram simultaneamente atendidos, o paquímetro analógico é considerado apto à realização da medição da dimensão. Porém, o ideal é que o mesmo instrumento possa ser

utilizado para a medição de todas as cotas da peça. Tal situação deve ser testada pelo programa.

3. Resultados e discussão

O programa checkou todas as cotas da peça, para cada uma das condições e com todos os instrumentos e sistema de medição. As Tabelas 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 apresentam os resultados gerados pelo programa, considerando-se as condições ideal, econômica e normal para cada uma das cotas toleranciadas da peça.

Como já era de se esperar, a máquina de medição por coordenadas foi considerada apta para a medição de todas as cotas da peça, independentemente da condição (ideal, normal ou econômica). No entanto, o paquímetro digital (0 – 150mm), o paquímetro analógico (0 – 150mm) e o traçador de altura digital (0 – 450mm) também se apresentaram aptos para todas as cotas, considerando-se todas as condições. A preferência, portanto, para utilização, deve-se dar para um dos paquímetros, pois os mesmos possuem valores de aquisição e calibração menores, além da maior facilidade de manuseio. Na escolha, porém, deve-se levar em consideração a disponibilidade dos mesmos no ambiente de medição. Um aspecto curioso foi que tanto a escala de aço (0 – 300mm) quanto a trena de aço (0 – 2m) foram consideradas inaptas para a medição de qualquer uma das cotas, em qualquer condição. O paquímetro analógico (0 – 300mm) foi considerado inapto para a medição da cota de (65+0,1)mm. Outro aspecto relevante a ser considerado diz respeito ao paquímetro digital (0 – 300mm) que foi considerado inapto pelo programa para a medição da cota de (65+0,1)mm para a condição ideal e para a normal. Porém, em uma situação emergencial, em que não se tenha outro instrumento ou sistema de medição disponível, adotando-se a condição econômica, esse instrumento estará apto para a medição de todas as cotas.

Tabela 2. Resultados do programa considerando-se a condição ideal para a cota de $(65\pm 0,1)$ mm

Equipamento	Faixa nominal (mm)	Menor divisão (mm)	Situação
Máquina de medição por coordenadas		0,001	Apto
Paquímetro digital	0-150	0,01	Apto
Paquímetro digital	0-300	0,01	Inapto
Paquímetro analógico	0-200	0,05	Inapto
Paquímetro analógico	0-150	0,02	Apto
Paquímetro analógico	0-300	0,05	Inapto
Calibrador traçador de altura com contador mecânico	0-300	0,01	Inapto
Calibrador traçador de altura digital	0-450	0,01	Apto
Escala de aço	0-300	1	Inapto
Escala de aço	0-300	0,5	Inapto
Trena de aço	0-2000	1	Inapto

Tabela 3. Resultados do programa considerando-se a condição econômica para a cota de $(65 \pm 0,1)$ mm

Equipamento	Faixa nominal (mm)	Menor divisão (mm)	Situação
Máquina de medição por coordenadas		0,001	Apto
Paquímetro digital	0-150	0,01	Apto
Paquímetro digital	0-300	0,01	Apto
Paquímetro analógico	0-200	0,05	Apto
Paquímetro analógico	0-150	0,02	Apto
Paquímetro analógico	0-300	0,05	Inapto
Calibrador traçador de altura com contador mecânico	0-300	0,01	Apto
Calibrador traçador de altura digital	0-450	0,01	Apto
Escala de aço	0-300	1	Inapto
Escala de aço	0-300	0,5	Inapto
Trena de aço	0-2000	1	Inapto

Tabela 4. Resultados do programa considerando-se a condição normal para a cota de $(65 \pm 0,1)$ mm

Equipamento	Faixa nominal (mm)	Menor divisão (mm)	Situação
Máquina de medição por coordenadas		0,001	Apto
Paquímetro digital	0-150	0,01	Apto
Paquímetro digital	0-300	0,01	Inapto
Paquímetro analógico	0-200	0,05	Inapto
Paquímetro analógico	0-150	0,02	Apto
Paquímetro analógico	0-300	0,05	Inapto
Calibrador traçador de altura com contador mecânico	0-300	0,01	Apto
Calibrador traçador de altura digital	0-450	0,01	Apto
Escala de aço	0-300	1	Inapto
Escala de aço	0-300	0,5	Inapto
Trena de aço	0-2000	1	Inapto

Tabela 5. Resultados do programa considerando-se a condição ideal para a cota de $(70 \pm 0,3)$ mm

Equipamento	Faixa nominal (mm)	Menor divisão (mm)	Situação
Máquina de medição por coordenadas		0,001	Apto
Paquímetro digital	0-150	0,01	Apto
Paquímetro digital	0-300	0,01	Apto
Paquímetro analógico	0-200	0,05	Apto
Paquímetro analógico	0-150	0,02	Apto
Paquímetro analógico	0-300	0,05	Apto
Calibrador traçador de altura com contador mecânico	0-300	0,01	Apto
Calibrador traçador de altura digital	0-450	0,01	Apto
Escala de aço	0-300	1	Inapto
Escala de aço	0-300	0,5	Inapto
Trena de aço	0-2000	1	Inapto

Tabela 6. Resultados do programa considerando-se a condição econômica para a cota de $(70 \pm 0,3)$ mm

Equipamento	Faixa nominal (mm)	Menor divisão (mm)	Situação
Máquina de medição por coordenadas		0,001	Apto
Paquímetro digital	0-150	0,01	Apto
Paquímetro digital	0-300	0,01	Apto
Paquímetro analógico	0-200	0,05	Apto
Paquímetro analógico	0-150	0,02	Apto
Paquímetro analógico	0-300	0,05	Apto
Calibrador traçador de altura com contador mecânico	0-300	0,01	Apto
Calibrador traçador de altura digital	0-450	0,01	Apto
Escala de aço	0-300	1	Inapto
Escala de aço	0-300	0,5	Inapto
Trena de aço	0-2000	1	Inapto

Tabela 7. Resultados do programa considerando-se a condição normal para a cota de $(70 \pm 0,3)$ mm

Equipamento	Faixa nominal (mm)	Menor divisão (mm)	Situação
Máquina de medição por coordenadas		0,001	Apto
Paquímetro digital	0-150	0,01	Apto
Paquímetro digital	0-300	0,01	Apto
Paquímetro analógico	0-200	0,05	Apto
Paquímetro analógico	0-150	0,02	Apto
Paquímetro analógico	0-300	0,05	Apto
Calibrador traçador de altura com contador mecânico	0-300	0,01	Apto
Calibrador traçador de altura digital	0-450	0,01	Apto
Escala de aço	0-300	1	Inapto
Escala de aço	0-300	0,5	Inapto
Trena de aço	0-2000	1	Inapto

Tabela 8. Resultados do programa considerando-se a condição ideal para a cota de (100 ± 1) mm

Equipamento	Faixa nominal (mm)	Menor divisão (mm)	Situação
Máquina de medição por coordenadas		0,001	Apto
Paquímetro digital	0-150	0,01	Apto
Paquímetro digital	0-300	0,01	Apto
Paquímetro analógico	0-200	0,05	Apto
Paquímetro analógico	0-150	0,02	Apto
Paquímetro analógico	0-300	0,05	Apto
Calibrador traçador de altura com contador mecânico	0-300	0,01	Apto
Calibrador traçador de altura digital	0-450	0,01	Apto
Escala de aço	0-300	1	Inapto
Escala de aço	0-300	0,5	Inapto
Trena de aço	0-2000	1	Inapto

Tabela 9. Resultados do programa considerando-se a condição econômica para a cota de (100 ± 1) mm

Equipamento	Faixa nominal (mm)	Menor divisão (mm)	Situação
Máquina de medição por coordenadas		0,001	Apto
Paquímetro digital	0–150	0,01	Apto
Paquímetro digital	0-300	0,01	Apto
Paquímetro analógico	0-200	0,05	Apto
Paquímetro analógico	0-150	0,02	Apto
Paquímetro analógico	0-300	0,05	Apto
Calibrador traçador de altura com contador mecânico	0-300	0,01	Apto
Calibrador traçador de altura digital	0-450	0,01	Apto
Escala de aço	0-300	1	Inapto
Escala de aço	0-300	0,5	Apto
Trena de aço	0-2000	1	Inapto

Tabela 10. Resultados do programa considerando-se a condição normal para a cota de (100 ± 1) mm

Equipamento	Faixa nominal (mm)	Menor divisão (mm)	Situação
Máquina de medição por coordenadas		0,001	Apto
Paquímetro digital	0-150	0,01	Apto
Paquímetro digital	0-300	0,01	Apto
Paquímetro analógico	0-200	0,05	Apto
Paquímetro analógico	0-150	0,02	Apto
Paquímetro analógico	0-300	0,05	Apto
Calibrador traçador de altura com contador mecânico	0-300	0,01	Apto
Calibrador traçador de altura digital	0-450	0,01	Apto
Escala de aço	0-300	1	Inapto
Escala de aço	0-300	0,5	Inapto
Trena de aço	0-2000	1	Inapto

Como já era de se esperar, a máquina de medição por coordenadas foi considerada apta para a medição de todas as cotas da peça, independentemente da condição (ideal, normal ou econômica). No entanto, o paquímetro digital (0 – 150mm), o paquímetro analógico (0 – 150mm) e o traçador de altura digital (0 – 450mm) também se apresentaram aptos para todas as cotas, considerando-se todas as condições. A preferência, portanto, para utilização, deve-se dar para um dos paquímetros, pois os mesmos possuem valores de aquisição e calibração menores, além da maior facilidade de manuseio. Na escolha, porém, deve-se levar em consideração a disponibilidade dos mesmos no ambiente de

medição. Um aspecto curioso foi que tanto a escala de aço (0 – 300mm) quanto a trena de aço (0 – 2m) foram consideradas inaptas para a medição de qualquer uma das cotas, em qualquer condição. O paquímetro analógico (0 – 300mm) foi considerado inapto para a medição da cota de $(65+0,1)$ mm. Outro aspecto relevante a ser considerado diz respeito ao paquímetro digital (0 – 300mm) que foi considerado inapto pelo programa para a medição da cota de $(65+0,1)$ mm para a condição ideal e para a normal. Porém, em uma situação emergencial, em que não se tenha outro instrumento ou sistema de medição disponível, adotando-se a condição econômica,

esse instrumento estará apto para a medição de todas as cotas.

O programa computacional não foi aplicado para a cota de $(45 \pm 0,1)$ mm, pois as considerações adotadas para a cota de $(65 \pm 0,1)$ mm são as mesmas para as duas cotas, uma vez que a tolerância de ambas é a mesma. Logo, os instrumentos aptos para a cota de $(65 \pm 0,1)$ mm também o serão para a de $(45 \pm 0,1)$ mm.

4. Conclusões

A ferramenta computacional desenvolvida no âmbito deste trabalho se apresenta como suporte na tomada de decisão, de uma maneira rápida e confiável, sobre qual sistema de medição é mais adequado ao uso pretendido.

Com o uso deste programa, testado por meio do estudo das cotas de comprimento das buchas de aço, foram evitadas 132 repetições de cálculos das rotinas apresentadas nos tópicos 3.1 a 3.3, ação que desperdiçaria muito tempo, além da grande possibilidade de erro.

O programa mostrou confiabilidade na seleção do sistema de medição com base nos parâmetros testados, além de ser amigável ao usuário devido a sua simplicidade e fácil utilização.

A seleção desse sistema de medição deverá considerar aspectos como disponibilidade do mesmo, forma de manuseá-lo em função da geometria da ferramenta e a possibilidade de que um único sistema possa medir todas as cotas ou o número máximo possível.

5. Referências

BRASIL, RESOLUÇÃO - RDC No. 17 - Dispõe sobre as Boas Práticas de Fabricação de Medicamentos, 2010.

COELHO, M.R. Desenvolvimento de um sistema informatizado para suporte à garantia da qualidade com foco na pequena empresa. Dissertação da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

DAVIS, M. M.; Aquilano, N. J.; Chase, R. B. **Fundamentos da administração da produção**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman Editora, 2001.

DELMEE, G.J. **Manual de medição de vazão**, Edgar Blucher, 2003. Disponível em <http://www.wook.pt/ficha/manual-de-medicao-de-vazao/a/id/221083>

FONSECA, M.P. A análise do sistema de medição (MAS) como ferramenta no controle de processos em uma indústria de dispositivos médicos descartáveis. Monografia do Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Juiz de Fora – MG, 2008.

ISO ABNT NBR ISO 10012-1 – Requisitos de garantia da qualidade para equipamentos de medição - parte 1: sistema de comprovação metrológica para equipamentos de medição. ABNT, Rio de Janeiro, 1993.

INMETRO – Procedimento para solicitar autorização de uso de sistemas de medição de petróleo, derivados e álcoois, 2003. Disponível em http://www.inmetro.gov.br/ftp_hp/kits/niedimel047r00.pdf.

ISO ABNT NBR ISO/IEC 17025 - Requerimentos gerais para Laboratórios de Ensaio e Calibração. ABNT, Rio de Janeiro, 2005.

OLIVEIRA, J. E. F. de. Desenvolvimento de um programa computacional para a integração de dados de projeto, fabricação e medição de peças

torneadas com ênfase na síntese de tolerâncias dimensionais determinísticas. Tese do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da UFPE, Recife, 2009.

NBR 6158 – Sistema de tolerâncias e ajustes. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, Rio de Janeiro, junho, 1995.

ROLIM, T. L. Sistemática indicadora de método para a calibração de máquinas de medição por coordenadas. Tese do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da UFPB, João Pessoa, 2003.

SILVA NETO, J.C. Metrologia e controle dimensional – conceitos, normas e aplicações, Rio de Janeiro: Elsevier Editora, 2012. Disponível em http://books.google.com.br/books?id=z3nXae_mKE8C&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

URRUTIA, J. D. Avaliação dos processos de medição na indústria baseada no impacto econômico da operação de controle geométrico. Congresso Brasileiro de Metrologia – Metrologia 2000, São Paulo, 2000.



A Aplicação da Logística Reversa na Compostagem dos Resíduos Orgânicos em um Centro de Abastecimento e Logística de Pernambuco – Brasil

The Application of Reverse Logistics in na Organic Waste Composting Supply and Logistics of Pernambuco – Brazil



Submetido em 22.04.14 | Aceito em 15.05.14 | Disponível on-line em 22.09.14

Alvaro Antonio Ochoa Villa*

Departamento de Mecânica, Refrigeração e Climatização – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco. Av. Prof. Luiz Freire, 500 – CDU. CEP 50740-540, Recife – PE | ochoalvarp@ifpe.edu.br

Helder Henrique Diniz

Departamento de Engenharia de Produção – Universidade Federal de Pernambuco. Av. Prof. Moraes Rego, 1235 – Cidade Universitária. CEP 50670-901, Recife – PE

Petrônio Silva e Alexandre Anacleto de Almeida

Departamento de Engenharia de Mecânica – Universidade Federal de Pernambuco. Av. Prof. Moraes Rego, 1235 – Cidade Universitária. CEP 50670-901, Recife – PE

RESUMO

Este artigo mostra a aplicação dos conceitos de Logística Reversa pelo método da compostagem no tratamento dos resíduos orgânicos gerados no Centro de Abastecimento e Logística do Brasil. Foi elaborado um projeto para tratamento dos resíduos orgânicos pelo método da compostagem para redução de custos com transporte e viabilização de uma nova fonte de trabalho e renda para empresa. A princípio, foi escolhido o local para realizar a compostagem. Em seguida, fez-se o estudo logístico para coleta e separação dos resíduos. A compostagem foi realizada com três tratamentos e repetições, consistindo em nove pilhas. Assim, a amostragem foi realizada por meio de análise estatística. Foram analisados os parâmetros de temperatura, aeração, umidade, relação carbono/nitrogênio e pH. A relação carbono/nitrogênio (C/N) média encontrada nos tratamentos, no início do experimento, foi aproximadamente 40/1, superior a 30/1, valor considerado ótimo para o início do processo. Após quinze dias de instalação do experimento, pôde ser observada uma redução dos teores na relação C/N. A análise econômica mostrou a viabilidade desta técnica.

Palavras-chaves: : Logística reversa, Compostagem, Resíduos Orgânicos, Composto Orgânico.

ABSTRACT

This article shows the application of the concepts of reverse logistics for the treatment method for composting organic waste generated at the Center for Supply and Logistics of Brazil. A project was developed for the treatment of organic waste by the composting method to reduce transportation costs and enable a new source of jobs and income for the company. At first, the site was chosen to perform the composting followed the study logistics for collection and separation of waste. Using statistical analysis, the composting was conducted with three treatments and three replications, consisting of nine stack. This study analyzed the parameters of temperature, ventilation, humidity, carbon / nitrogen ratio and pH. The economic analysis shows the feasibility of this technique. The carbon / nitrogen (C/N) average ratio for the treatments at the beginning of the experiment, it was approximately 40/1, greater than 30/1, the value considered optimal for the beginning of the process, after fifteen days of the experiment, it can a reduction in levels of ratio (C/N) is observed. The economic analysis shows the feasibility of this technique.

Keywords: Reverse Logistics, Composting, Waste, Organic Compound

1. Introdução

Na atualidade, um dos grandes problemas enfrentados pela população localizada nos centros urbanos é saber qual o melhor tratamento deve ser dado aos resíduos sólidos gerados. Esses resíduos são produzidos, diariamente, por todos os setores da sociedade, o que torna fundamental a aplicação de métodos para o melhor destino final do mesmo. Há alguns anos, a produção de resíduos era de apenas algumas dezenas de quilos por habitante/ano, no entanto, hoje, países altamente industrializados, como os Estados Unidos, produzem mais de 700 kg/hab./ano. No Brasil, o valor médio verificado nas cidades mais populosas é da ordem de 180 kg/hab./ano (BIDONE e POVINELLI, 1999).

Nesse contexto, surge a Logística Reversa no processo de compostagem dos resíduos orgânicos com ênfase no aproveitamento agrônômico, uma vez que o produto gerado, composto orgânico, é fonte de nutrientes para o solo. A compostagem é um processo biológico, aeróbico e controlado de tratamento e estabilização de resíduos orgânicos para produção de composto orgânico (PEREIRA, 1989).

De acordo com a NBR 13591 (1996) da ABNT, a compostagem corresponde ao processo de decomposição biológica da fração orgânica biodegradável dos resíduos, efetuada por uma população diversificada de microrganismos, em condições controladas de aerobiose e demais parâmetros desenvolvidos, em duas etapas distintas: degradação e maturação. O modelo gerencial de compostagem possui grandes vantagens, pois, além de desviar resíduos do lixão a céu aberto, do aterro sanitário ou controlado, ainda promove uma nova utilização para a matéria orgânica, conceito fundamental para aplicação da Logística Reversa. Por isso, Logística Reversa, por meio do método da compostagem, contribui para aumentar a vida útil das centrais de

tratamento de resíduos e, ao mesmo tempo, proporcionar uma fonte segura de produção de fertilizantes para produtores de sistemas de cultivo protegido e agricultura orgânica, além de promover a preservação ambiental.

Devido à preocupação com o meio ambiente, tendo em vista o rápido descarte dos produtos consumidos e o grande acúmulo de resíduos gerados (ZANTA e FERREIRA, 2003), desenvolver um sistema para reduzir, reciclar e reutilizar esses resíduos a partir dos conceitos de Logística Reversa tornou-se, ao longo das últimas décadas, uma necessidade de extrema importância para a competitividade das empresas em um mercado global. Por isso, a Logística Reversa tem sido um diferencial de grande importância na competitividade das empresas (ROGERS e TIBBEN-LEMBKE, 2001), pois chega para auxiliá-las a reduzir os custos nos processos produtivos e a diminuir o desperdício causado por esses processos, colaborando ainda para o melhoramento da imagem corporativa da empresa. A literatura mostra a importância desse assunto por meio de trabalhos e estudos relativos à redução, reutilização e reciclagem de produtos descartados (PEREIRA, 1989; BIDONE e POVINELLI, 1999).

Büttenbender (2004) elaborou e implantou a operação da Central de Triagem e Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos de Angelina, município de Santa Catarina, abordando a questão da coleta seletiva e investigando os aspectos relacionados à aplicação da técnica de compostagem termofílica em leiras estáticas no tratamento da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos gerados no município.

A análise do ciclo de vida é uma técnica que vem sendo aplicada ao gerenciamento de resíduos sólidos, como foi analisado por Souza e Rubinger (2005), já que essa técnica identifica e viabiliza diferentes alternativas de tratamento desses resíduos de forma mais eficiente (visão

ambiental). A análise apresentada por Finnveden *et al.* (2005) indicou que o melhor sistema de tratamento de resíduos é, em primeiro lugar, o processo de reciclagem e, em segundo, o processo de incineração, reaproveitando-se a energia assim como utilizando-se aterros sanitários para gerar energia. Por sua vez, Bruni (2005) avaliou o processo operacional de compostagem aerada de lodo de esgoto e poda vegetal em reatores fechados, elaborando um projeto de compostagem caseira com testes de validação na Universidade Federal do Paraná. Resende (2005) pesquisou sobre a aceleração do processo de compostagem de resíduos sólidos, utilizando um fertilizante denominado Bioexton, obtido em uma usina de compostagem no litoral norte da Bahia. A avaliação da qualidade foi feita a partir de uma comparação com fertilizante orgânico denominado LAVIET, obtido de forma tradicional.

A Logística Reversa precisa ser entendida pelas empresas como uma oportunidade de adicionar valor, quer pela imagem da empresa junto à sociedade com relação aos aspectos ambientais e à sua responsabilidade social, quer pela oportunidade de agregar serviços, criando diferenciais competitivos, quer pela gestão integrada do ciclo do produto e dos custos envolvidos ao longo da vida do produto, possibilitando dessa forma a redução de custos e gerando vantagem competitiva. Assim, Gonçalves e Marins (2006) apresentaram uma aplicação de Logística Reversa, explanando de forma clara a boa implementação da metodologia por meio dos resultados, que mostraram uma redução dos custos no produto acabado. Chaves e Batalha (2006) estudaram o papel e a relevância dos centros de coleta de embalagens recicláveis como fator de atração de clientes aos supermercados, tendo como base a importância da Logística Reversa para o meio ambiente. Outro ponto de vista é apresentado por Garcia (2006). O

contexto de reaproveitamento de material reciclado vem sendo analisado em vários trabalhos, como no De Aquino *et al.* (2009), em que foi realizada uma pesquisa sobre os integrantes da cadeia produtiva reversa de pós-consumo na região de Florianópolis, tendo como proposta a organização logística para as associações de catadores de materiais recicláveis, por meio da comercialização direta de seus produtos com as indústrias recicladoras, visando à agregação de valor. Os resultados desse estudo revelaram uma agregação de 32% ao valor dos produtos comercializados.

A preocupação mundial em relação aos resíduos sólidos, em especial os domiciliares, tem aumentado com o crescimento da produção, o gerenciamento inadequado e a falta de áreas de disposição final. De acordo com Jacobi e Besen (2011), um dos maiores desafios da sociedade moderna é o equacionamento da geração excessiva e da disposição final ambientalmente segura dos resíduos sólidos. Em termos de gestão, deve-se entender que uma correta manipulação dos resíduos sólidos pode levar a uma solução desse problema e a um equilíbrio do meio ambiente. Hernández *et al.* (2012) realizaram uma pesquisa bibliográfica, analisando a relação entre a Logística Reversa e o desempenho empresarial com o objetivo de obter um modelo conceitual que incluísse os indicadores de desempenho das atividades realizadas, para se ter uma visão gerencial sobre o processo de Logística Reversa, sendo corroborada a importância dos programas econômicos e de imagem sobre o desempenho empresarial.

Finalmente, Araújo *et al.* (2013) descreveram o processo de Logística Reversa do maior varejista virtual do mercado brasileiro. Nesse estudo, mostraram a evolução desse processo, analisaram o desempenho dele e identificaram suas principais deficiências,

apresentando sugestões para melhorias e implantação de um sistema mais eficiente.

O principal objetivo deste trabalho é avaliar a viabilidade ambiental e econômica da compostagem no tratamento dos resíduos sólidos orgânicos em um Centro de Abastecimento e Logística do Brasil.

2. Materiais e métodos

Com o intuito de reduzir o volume de resíduos gerados, foi apresentado o projeto de construção de uma unidade composteira na empresa analisada. Em seguida, foi elaborado um trabalho experimental para escolha do local, organização da coleta para a separação da matéria orgânica e inorgânica, e o destino dos resíduos orgânicos para o local da composteira. Em relação às vantagens, as respostas obtidas foram bastante equilibradas, destacando-se a redução de custos e o equilíbrio do meio ambiente como principal vantagem em trabalhar-se com os canais reversos. Durante o tratamento de compostagem, foram realizadas análises para avaliar a qualidade da evolução do experimento, coletando-se dados e fotografias (OCHOA *et al.*, 2013; HECK *et al.*, 2013; FERNANDES e SILVA, 1999). Com o produto final, fez-se a análise de viabilidade econômica do composto produzido.

2.1. Fases do experimento

O sistema experimental utilizado para a realização deste trabalho teve o delineamento estatístico (OCHOA *et al.*, 2013; FIGLIOLA e BEASLEY, 2007) dividido em três fases, cada uma com três tratamentos e três repetições, resultando em nove pilhas previamente identificadas como:

T1/R1: tratamento 1 e repetição 1;

T1/R2: tratamento 1 e repetição 2;

T1/R3: tratamento 1 e repetição 3;

T2/R1: tratamento 2 e repetição 1;

T2/R2: tratamento 2 e repetição 2;

T2/R3: tratamento 2 e repetição 3;

T3/R1: tratamento 3 e repetição 1;

T3/R2: tratamento 3 e repetição 2;

T3/R3: tratamento 3 e repetição 3.

2.2. Matéria-prima

A matéria-prima utilizada para o desenvolvimento do experimento foi composta por resíduos orgânicos (restos de frutas e verduras) gerados no Centro de Abastecimento e Logística de Pernambuco, diariamente recolhidos dos coletores os quais estavam distribuídos nos galpões de comercialização. As coletas foram realizadas de forma manual e por meio de caminhão compactador (FERNANDES e SILVA, 1999). Os resíduos orgânicos utilizados no estudo foram provenientes da limpeza dos galpões da empresa, onde foram recolhidas as folhosas (coentro, alface, couve etc.) e a laranja do galpão onde predominam os cítricos. Após a coleta dos resíduos orgânicos, amostras do material foram levadas ao laboratório para as análises físico-químicas (SILVA e SANTOS, 2010).

Para a caracterização dos resíduos, foram analisados os seguintes parâmetros: Umidade, Matéria Orgânica Total, Carbono Total, Relação Carbono/Nitrogênio, Nitrogênio Total, Potencial Hidrogeniônico, Fósforo Total (KIEHL, 1985).

2.3. Quantificação do material orgânico

O material destinado ao estudo experimental foi inicialmente pesado em balança com capacidade de 50 kg e, em seguida, transportado para a área do experimento (KIEHL, 1985).

2.4. Caracterização química dos resíduos orgânicos

Os resíduos orgânicos foram caracterizados segundo parâmetros necessários ao acompanhamento da pesquisa (Tabela 1). Foram selecionados os descritores a seguir: Umidade, Matéria Orgânica Total, Carbono Total, Relação Carbono/Nitrogênio, Nitrogênio Total, Potencial Hidrogeniônico, Fósforo Total (FERNANDES e SILVA, 1999).

2.5. Método aplicado

O método aplicado na compostagem foi adaptado do sistema de pilhas estáticas aeradas

(Figura 1), descrito por KIEHL (1998). Foi empregado o método aeróbio de fermentação, utilizando-se a fase mesófila de temperatura em ambiente aberto, com processo lento de decomposição. O sistema de compostagem *windrow* é um processo simples, de fácil operação e de baixo custo de instalação. No processo de compostagem em pilhas estáticas aerada com ventilação natural, o oxigênio é fornecido à massa por meio do revolvimento manual. No momento em que é feito o revolvimento, os resíduos entram em contato com a atmosfera rica em O₂, o que permite suprir momentaneamente as necessidades de aeração do processo biológico.

Tabela 1. Dados do processo de compostagem.

Amostras	%					C/N	pH
	N	P	K	C	MO		
1	1,80	0,12	0,50	33,84	15,00	38:1	5,50
2	1,90	0,10	0,30	25,36	9,70	37:1	4,80
3	2,00	0,15	0,60	18,47	14,30	37:1	4,50

Legenda: N = Nitrogênio; P = Fósforo Total; K = Potássio; C = Carbono; C/N = Relação Carbono/Nitrogênio; MO = Matéria Orgânica; pH = Potencial Hidrogeniônico



Figura 1. Vista geral do pátio de compostagem

2.6. Procedimentos para montagem das pilhas

O estudo compreendeu quatro etapas distintas, mostradas a seguir.

2.6.1. Composição das pilhas

Para a composição das pilhas, foi monitorado inicialmente o parâmetro relação carbono/nitrogênio (30:1), ideal para o início da compostagem (KIEHL, 1998). Essa mistura foi realizada manualmente e colocada no pátio de compostagem (Figuras 2 e 3).

2.6.2. Altura das pilhas

Para a formação das pilhas, foram realizadas diariamente as coletas dos resíduos orgânicos, até totalizar 730 kg por pilha. As pilhas foram construídas com as seguintes dimensões: 1,0 m de largura (diâmetro da pilha) por 1,5m de altura, de forma cônica, perfazendo um volume aproximado de 0,40 m³ – Figura 4 (FERNANDES e SILVA, 1999).



Figura 2. Resíduos utilizados na montagem das pilhas



Figura 3. Pré-tratamento dos resíduos

2.6.3. Frequência de movimentação das pilhas

A movimentação (reviramento) das pilhas foi feita com o auxílio de uma pá. As seis primeiras foram realizadas com intervalos de 3 dias (2 vezes/semana) e as subsequentes, com intervalos de 7 dias (1 vez/semana) (STENTIFORD *et al.*, 1985).

2.6.4. Aspectos operacionais do processo de compostagem

Foram realizadas coletas de dados dos testes para análise do processo durante as fases.

2.6.4.1. Temperatura

A leitura da temperatura foi determinada diariamente em três pontos diferentes das pilhas – topo, centro e base –, por meio de um termômetro de haste de mercúrio com escala de (0 a 100 °C), observando-se as zonas onde ocorrem temperaturas altas (em torno de 40 cm). A manutenção da temperatura nas fases termófila (50-65°C) e mesófila (20-35°C) foi feita por meio do controle da umidade e aeração com a diminuição do intervalo de reviramento (KIEHL, 1998).

2.6.4.2. Umidade

Fez-se o monitoramento da umidade por meio de coletas semanais do material. A umidade inicial ficou em torno de 40 a 50% (na base de peso seco). Essa umidade foi mantida durante o processo de compostagem por meio de regas, não se deixando escorrer água das pilhas. Na ocorrência de excesso de umidade, o intervalo de tempo de reviramento das pilhas foi reduzido (KIEHL, 1985).

2.6.4.3. Aeração

Efetou-se a aeração por meio dos ciclos de reviramento, feitos manualmente com intervalos de sete (7) dias.

2.7. Caracterizações químicas dos compostos

Com as coletas de dados e análises dos testes, realizou-se a qualificação do composto adquirido.

2.7.1. Determinação do nitrogênio (N)

Para determinação do nitrogênio total dos substratos, adotou-se a metodologia citada por Camargo (1986) com algumas modificações. Assim, pesou-se 0,1 g de substrato triturado (passado em peneira de 0,5 mm) em tubo digestor, adicionando-se 10 ml da mistura digestora (1500 ml de H₂SO₄ concentrado + 450g de K₂SO₄ + 44 ml da solução de CuSO₄. 5H₂O a 25% + 20 g de Na₂SeO₃. 5H₂O) e aqueceu-se em bloco digestor durante 3 horas a uma temperatura de 350°C. Após o resfriamento, foram adicionados 20 ml de água destilada e transferidos para balão de destilação, adicionando-se 40 ml de NaOH (40% p/p). E coletou-se 40 ml da amostra em 5 ml de H₃BO₃ (2%) com 4 gotas da solução indicadora (verde de bromocresol + vermelho de metila). Determinou-se o N por titulação com uma solução padrão de 0,01 N de H₂SO₄.

2.7.2. Determinação do fósforo (P)

O fósforo foi determinado no resíduo antes do processo da compostagem, no extrato da pasta de saturação, descrito acima, pelo método colorimétrico citado por Leite (1984), com algumas adaptações para os compostos. As

modificações foram as seguintes: adicionou-se 0,1 ml do extrato da pasta de saturação dos compostos, 10 ml da solução ácida de molibdato de amônio diluído e utilizou-se como agente redutor 30 mg de ácido ascórbico. As leituras foram feitas em espectrofotômetro Coleman.

2.7.3. Determinação do potássio (K)

A extração de potássio foi determinada no resíduo antes do processo da compostagem, utilizando-se o DTPA (Ácido Acético Diethilenotriaminopenta). A metodologia consistiu em preparar a pasta de saturação com 400 ml de composto e 100 ml de DTPA a 0,005 M, deixando-se em repouso por uma hora e extraindo-se a vácuo após o repouso. As concentrações foram obtidas em espectrofotômetro de absorção atômica.

2.7.4. Determinação do carbono (C)

Para determinar-se o carbono, seguiu-se a metodologia adotada por Snyder e Trofynow (1984). Assim, foram pesados 0,022 g composto triturado, passado em peneira de 0,5 mm, e colocados em tubo de vidro de 60 ml para digestão orgânica. A seguir, foram adicionados 3 ml de H₂SO₄ 2 N e deixou-se em repouso por uma hora. Adicionou-se, então, 1g de K₂Cr₂O₇ e 25 ml da mistura H₂SO₄: H₃PO₄. Em tubo plástico de 5 ml, foram colocados 2 ml de NaOH 2N, encaixando-se na parte superior do tubo de vidro para absorção do CO₂ produzido. Depois, levou-se ao bloco digestor por duas horas a 120°C, deixando-se em repouso por 24 horas. Transferiu-se o conteúdo do tubo plástico para um *becker*, adicionando-se água, e intitulou-se a solução de NaOH com HCl 0,1 N. Anotou-se a quantidade de ácido gasto no intervalo de pH 8,3 a 3,7.

Finalmente, realizou-se uma prova em branco para corrigir.

2.7.5. Determinação do potencial hidrogeniônico (pH)

A fim de determinar-se o potencial hidrogeniônico (pH), foram acondicionados os compostos em recipientes de 200 ml até completar esse volume. A seguir, adicionou-se água até esses recipientes atingirem a capacidade máxima de retenção de água, deixando-se em repouso por 12 horas a fim de que o nível dos sais entrasse em equilíbrio com a lâmina de água adicionada. Após esse período, adicionou-se 50 ml de água destilada na superfície dos recipientes, coletando-se o drenado para serem efetuadas as determinações de pH.

3. Resultados e discussão

Os resultados da metodologia de processos de compostagem estão abaixo registrados.

3.1. Comportamento da umidade

A umidade média das pilhas foi de 55%, contribuindo para acelerar a degradação dos resíduos por meio da ação microbiana.

3.2. Comportamento da temperatura

A temperatura dos tratamentos atingiu valores máximos no intervalo de 55 a 60°C, com 45 dias. Nessa fase, a termófila (50-55°C), a decomposição é mais ativa e a eliminação de microorganismos patogênicos é praticamente garantida (KIEHL, 2002), como se pode verificar na Figura 5.

Nas três pilhas de tratamento, a fase mesófila chegou a 40°C e foi atingida na 1ª semana, e a fase termófila (45° à 70°C) foi atingida na 3ª semana. Na ausência de água durante o processo de compostagem, a maturação do composto pode ser interrompida em função da queda de temperatura. Essa redução não implica a estabilidade do composto. No estudo em questão, foi necessária a adição de água no experimento 3 para estabilizar a temperatura do processo.

O primeiro sinal de que a compostagem está sendo iniciada é a elevação da temperatura (KIEHL, 1985). A temperatura termófila pode ser atingida antes de completar 15 dias da montagem da pilha. O aumento de temperatura da pilha depende de vários fatores responsáveis pela geração de calor, como granulometria da matéria-prima, umidade, aeração, relação carbono, nitrogênio, entre outros.

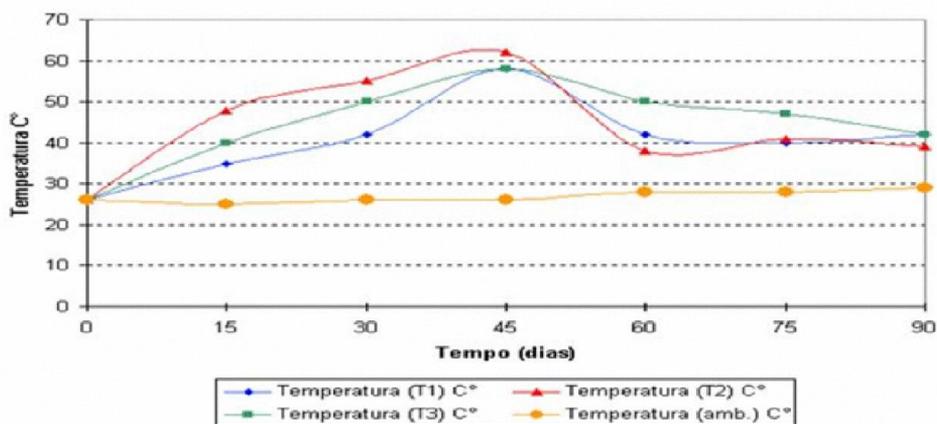


Figura 5. Média da temperatura das pilhas

3.3. Comportamento do nitrogênio total

O teor de nitrogênio varia entre 0,3 e 2%, predominando na forma orgânica (BRITO *et al.*, 2008). Frequentemente os níveis de nitrogênio amoniacal são elevados, porém verifica-se que, em média, a fração mineral representa uma reduzida percentagem de nitrogênio presente no composto. Por esse motivo, a disponibilidade do nitrogênio mineral, suscetível a ser absorvido pela planta, dependerá, fundamentalmente, da taxa de mineralização. Os três tratamentos apresentaram teor de nitrogênio igual ou superior ao citado acima.

Pode-se observar na Figura 6 que houve uma variação no teor de nitrogênio nos três tratamentos, quinze dias após a instalação do experimento, continuando durante todo o período.

Após sessenta dias de instalação, houve um aumento no teor de nitrogênio, como se pode ver na Figura 6. No final do período, ocorreu uma queda do nitrogênio em todos os tratamentos (T₁, T₂ e T₃), provavelmente por causa de volatilização do nitrogênio amoniacal.

3.4. Comportamento do carbono total

Os nutrientes são usados pelos microrganismos como fonte de energia para

construir e manter sua estrutura e organização. Segundo Bidone e Povinelli (1999), cerca de 50% de massa celular dos microrganismos são constituídos de carbono.

A queda no teor de carbono pode indicar uma maior utilização desse elemento pelos microrganismos, liberando-o na forma de CO₂, como pode ser observado na Figura 7.

3.5. Relação carbono/nitrogênio

A relação C/N média encontrada nos tratamentos, no início do experimento, foi aproximadamente 38/1, superior a 30/1, valor

considerado ótimo para o início do processo (KIEHL, 1998 e PEREIRA, 1989).

Após quinze dias de instalação do experimento, pôde-se observar uma redução dos teores na relação carbono/nitrogênio, como se vê na Figura 8. Entretanto, no período de 90 dias, observou-se que, em todos os tratamentos, atingiu sua maturação, estando pronto para o uso. A eficiência de transformação de carbono total em nutriente, no processo de compostagem, depende da natureza das matérias-primas utilizadas, indicando a rapidez de degradação dos resíduos sólidos orgânicos, já que a mesma permite avaliar o processo com vistas à obtenção da rápida e eficiente estabilização dos resíduos (BRUNI, 2005).

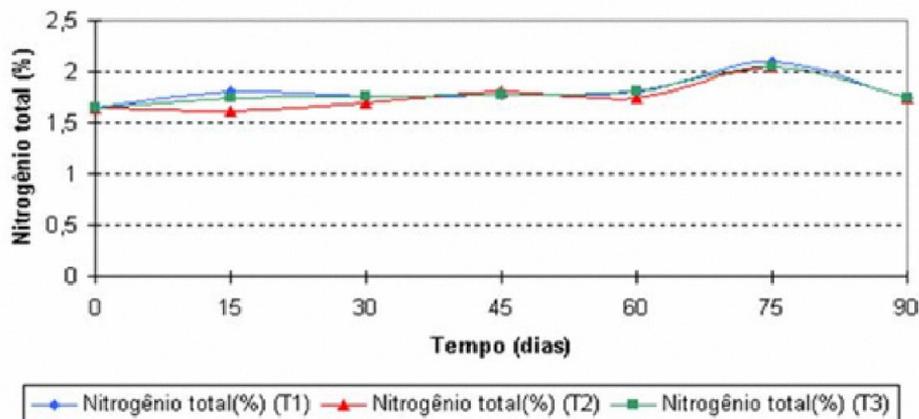


Figura 6. Teor de nitrogênio encontrado

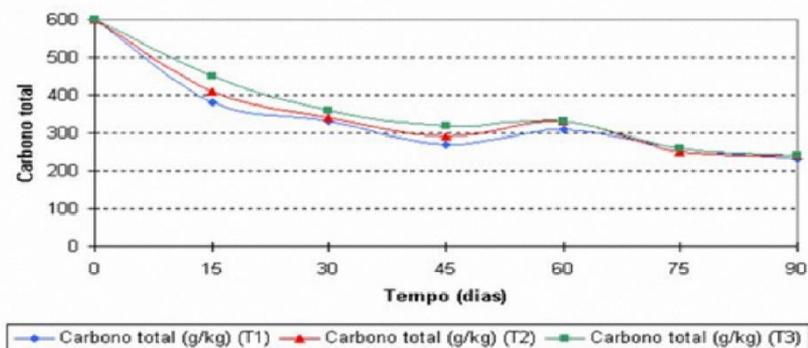


Figura 7. Teor de carbono encontrado

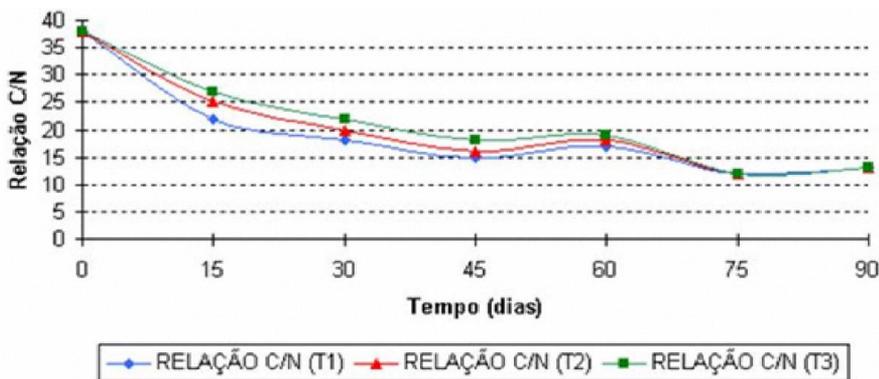


Figura 8. Relação carbono/nitrogênio (C/N)

3.6. Comportamento do potencial hidrogeniônico (pH)

O processo da compostagem tem início com pH ácido por conta do acúmulo de ácidos orgânicos (KIEHL, 2004). O valor constante do pH alcalino obtido durante o processo está de acordo com os compostos orgânicos que devem ser apresentados para esse parâmetro (pH), indicando sua estabilização de solos ácidos (PEREIRA, 1989), como indica a Figura 9.

A degradação da matéria orgânica tem no início reação ácida devido à presença de seiva proveniente dos vegetais. Há formação de ácido acético, butírico, caproico, propiônico e cáprico. Na fase final da compostagem, o pH atinge a alcalinidade por conta da formação de ácidos húmicos, que formam humatos alcalinos, e também devido à formação de nitrogênio amoniacal. A redução da matéria orgânica é ocasionada pela metabolização e conservação, principalmente com gás carbônico e água (KIEHL, 2002).

3.7. Fundamentação da viabilidade econômica (economia do processo)

Além da redução dos custos operacionais proporcionada pelo sistema de tratamento e

beneficiamento dos resíduos (produção de composto orgânico), o Centro de Abastecimento tende a auferir receitas com o processo de comercialização do composto orgânico produzido ou a fazer doação ao Programa de Agricultura Familiar e Hortas Comunitárias. Dessa forma, serão descritos a seguir os custos de operação mensal prevista decorrente dessa comercialização. Essa análise visa à economia entre a não utilização do processo de compostagem e sua implementação.

3.7.1. Custo operacional antes compostagem

3.7.1.1. Custo de tratamento (antes da compostagem)

Na Tabela 2, estão registrados os valores dos custos de tratamento antes de aplicar-se a compostagem.

3.7.1.2. Custo de transporte

Na Tabela 3, veem-se os valores dos custos de transporte antes de aplicar-se a compostagem.

O custo operacional, somatório dos custos de transporte e de tratamento, resulta num valor de **61.007,00 R\$ /mês.**

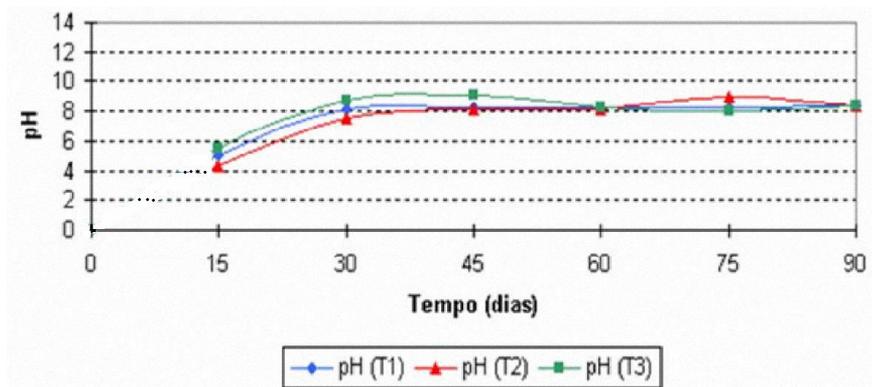


Figura 9. Leitura do potencial hidrogeniônico

Tabela 2. Custo de Tratamento (Antes a Compostagem)

Total de resíduos gerados (ton/mês)	900,00
Valor cobrado pelos CTRs (R\$/ton)	31,00
Total do tratamento (R\$/mês)	27900,00

Tabela 3. Custo de Transporte (Antes a Compostagem)

Aluguel de dois caminhões coletores (R\$/mês)	22407,00
Manutenção/Depreciação dos caminhões (R\$/mês)	1000,00
Combustível para os dois caminhões (R\$/mês)	6000,00
Dois motoristas (R\$/mês)	3700,00
Total do custo de transporte (R\$/mês)	33107,00

3.7.2. Custo operacional após a compostagem

Após a coleta das 900 toneladas de resíduos, 80% foram classificados como resíduos orgânicos e 20%, como resíduos inorgânicos. Os 20% (180 toneladas) foram encaminhados para os Centros de Tratamentos de Resíduos (CTRs), já os 80% (720 toneladas) foram destinados à compostagem.

3.7.2.1. Custo de tratamento (após a compostagem)

Na Tabela 4, apontam-se os valores dos custos de tratamento após aplicar-se a compostagem.

3.7.2.2. Custo de transporte (após a compostagem)

Na Tabela 5, podem ser vistos os valores dos custos de transporte após aplicar-se a compostagem.

O custo operacional resulta num valor de **20.230,00 R\$ /mês**.

Com o processo de compostagem, obteve-se uma redução do peso em 70%, restando, das 720ton, apenas 216ton de composto orgânico. O valor estimado para comercialização do composto orgânico é de R\$ 100,00/t. Dessa forma, mostra-se a seguir a receita mensal prevista decorrente dessa comercialização.

3.7.3. Custo para comercialização do composto orgânico

Sabe-se que 700 toneladas geram 216 toneladas de compostos por mês, portanto:

$$216 \text{ ton} \cdot 100 \text{ R\$/ton} = 21600,00 \text{ R\$/mês}$$

O custo operacional da composteira é de aproximadamente 12.000,00 R\$/mês, sendo o total do custo de compostagem 9600,00 R\$/mês.

3.7.4. Economia do processo

A partir da análise dos dados, pôde-se comprovar que o processo de compostagem é totalmente viável economicamente, pois, com a redução de **R\$ 61.007,00** para **R\$ 20.230,00**, deixarão de ser gastos **R\$ 40.777,00**. E, com a comercialização do composto gerado (**R\$ 21.600,00**) após o pagamento das despesas operacionais com a composteira (**R\$ 12.000,00**), obteve-se um lucro líquido de **R\$ 50.333,00/mês**, receita que poderá ser destinada ao melhoramento dos processos, aquisição de bens para produção e ampliações da composteira.

Comprova-se, assim, um dos objetivos principais da utilização da Logística Reversa

aliada ao processo de compostagem: redução do custo operacional e qualificação da empresa no mercado.

Tabela 4. Custo de Tratamento (Após a Compostagem)

Total de resíduos gerados (ton/mês)	180,00
Valor cobrado pelos CTRs (R\$/ton)	31,00
Total do tratamento (R\$/mês)	5580,00

Tabela 5. Custo de Transporte (Após a Compostagem)

Aluguel de um caminhão coletor (R\$/mês)	11200,00
Manutenção/Depreciação de um caminhão (R\$/mês)	400,00
Combustível para um caminhão (R\$/mês)	1200,00
Um motorista (R\$/mês)	1850,00
Total do custo de transporte (R\$/mês)	14650,00

4. Conclusões

Com base no referencial teórico, constatou-se que a preocupação com o destino dos resíduos gerados no centro de abastecimento não poderia ser descartada. A alternativa para o tratamento das 900 toneladas de resíduos por mês, com crescente interesse em gestão ambiental, utilizando-se a compostagem poderá transformar esse Centro em uma empresa de referência no tratamento de resíduos orgânicos. Espera-se que muitas empresas possam usar esse método para melhorar sua imagem corporativa e diminuir os desperdícios, possibilitando o aumento da lucratividade.

Mesmo sendo pouco utilizada no meio acadêmico, a Logística Reversa certamente terá mais visibilidade no futuro, visto que algumas empresas estão tomando consciência da necessidade de um planejamento de redução de desperdício e destino final correto dos resíduos gerados. Sugere-se a utilização da compostagem como um artifício sustentável para tratamento do composto orgânico em sistemas domésticos, comunitários, municipais e empresariais. Ao mesmo tempo em que simplifica a logística de coleta, ela recupera recursos naturais e prolonga a vida dos aterros sanitários. Pode-se afirmar que os resíduos gerados nesse Centro de Abastecimento possuem grande potencial para realização da compostagem.

Comprovou-se a viabilidade econômica da aplicação da compostagem, pois a comercialização do composto orgânico também pode tornar-se fonte de trabalho e renda, além de reduzir o custo com transporte dos resíduos e descarga nas centrais de tratamento. A redução dos gastos foi de R\$ 40.777,00: de R\$ 21.600,00 com a comercialização do composto gerado e de R\$ 12.000,00 após o pagamento das despesas operacionais com a composteira. Assim, obteve-se um lucro líquido de R\$ 50.333,00/mês.

Faz-se necessário também um estudo detalhado sobre a reciclagem de produtos inorgânicos. O foco do trabalho era o tratamento dos resíduos orgânicos, mas a parte inorgânica pode ser tão ou mais valorizada que a orgânica.

Sugere-se que sejam realizadas novas pesquisas sobre o assunto, com o objetivo de contribuir-se para o crescimento da Logística Reversa de resíduos, e projetos para melhorar-se a qualidade de vida da população mundial.

5. Referências

ARAÚJO, A. C., MATSUOKA, E. M., UNG, J. E., HILDORF, W. C., SAMPAIO, M. Logística

reversa no comércio eletrônico: um estudo de caso. *Gestão & Produção*. v. 20, n. 2, p. 303 - 320, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 13.591/1996. Compostagem: terminologia. Rio de Janeiro, 1996.

BIDONE, F.R.A.; POVINELLI, J. Conceitos básicos de resíduos sólidos. São Carlos: EESC-USP, 1999. 120p.

BRITO, L. M.; AMARO, A. L.; MOURÃO, I.; COUTINHO, J. Transformação da Matéria Orgânica e do Nitrogênio durante a Compostagem da Fração Sólida do Chorume Bovino. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v. 32, p. 1259-1968, 2008.

BRUNI, V.C. Avaliação do processo operacional de compostagem aerada de lodo de esgoto el pode vegetal em reatores fechados. 2005. 95p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental do Programa de Pós-Graduação) – Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2005.

BUTTENBENDER, S. E. Avaliação da compostagem da fração orgânica dos resíduos Isólidos urbanos provenientes da coleta seletiva realizada no Município de Angelina, SC, 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. 1. Método de análises químicas, mineralógica e física de solos do Instituto de Campinas. Campinas: Instituto Agrônomo, 1986.

- CHAVES, G. L. D., BATALHA, M. O. Os Consumidores valorizam a coleta de embalagens recicláveis? Um estudo de caso da Logística Reversa em uma rede de hipermercados. *Gestão & Produção*. v. 13, n. 3, p. 423 - 434, 2006.
- DE AQUINO, I. F., DE CASTILHO, A. B. J., PIRES, T. S. L. A organização em rede dos catadores de materiais recicláveis na cadeia produtiva reversa de pós-consumo da região da grande Florianópolis: uma alternativa de agregação de valor. *Gestão & Produção*. v. 16, n.1, p. 15 -24, 2009.
- FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. Manual prático para a compostagem de biossólidos. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, s.d. 90p., 1999.
- FIGLIOLA, R. S., BEASLEY, D. E. Teoria e Projeto para Medições Mecânicas. Brasil, Editora LTC, 4º Edição. 2007, 466p.
- FINNVEDEN, G., JOHANSSON, J., LIND, P., MOBERG, A. Life cycle assessment of energy from solid waste. Part 1: general methodology and results. *Journal of Cleaner Production*, v. 13, p. 213-229, 2005.
- GARCIA, G. M. Logística Reversa: uma alternativa para reduzir custos e criar valor. XIII SIMPEP. Bauru, SP, Brasil, 2006.
- GONÇALVES, M. E., MARINS, F. A. S. Logística Reversa numa empresa de laminação de vidros: um estudo de caso. *Gestão & Produção*. v. 13, n. 3, p. 397 - 410, 2006.
- HECK, K., MARCO, E. G., HAHN, A. B. B., KLUGE, M., SPILKI, F. R., SAND, V. D. Temperatura de degradação de resíduos em processo de compostagem e qualidade microbiológica do composto final. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17 (2013), 54 - 59.
- HERNÁNDEZ, C. T., MARINS, F. A. S., CASTRO, R. C. Modelo de Gerenciamento da Logística Reversa. *Gestão & Produção*. v. 19, n. 3, p. 445 - 456, 2012.
- JACOBI, P. R., BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. *Estudos Avançados*, v. 25, n. 71, p. 135–158, Fev 2011.
- KIEHL, E. J. Fertilizantes orgânicos: São Paulo: CERES, 1985. 492p.
- KIEHL, E. J. Processos especiais de compostagem, In: KIEHL, E.J. Fertilizantes orgânicos. São Paulo, Ceres, 1998. p.311-364.
- KIEHL, E.J. Fertilizantes organominerais. 4. ed. Piracicaba: E.J. Kiehl, 2002. 146p.
- KIEHL, E.J. Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto. 4.ed. Piracicaba: E.H. Kiehl, 2004. 173p.
- LEITE, J. P. Manual de laboratórios para análises de fertilidade de solo. 2. Ed. rev. aum. atual. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1984. 163 p.
- OCHOA, A. A. V.; DINIZ, H. H.; OLIVEIRA, D. Controle estatístico de processo (CEP) aplicado para o controle de qualidade na finura do cimento. *Revista CIENTEC*, V. 5 n. 1 31-49, 2013.
- PEREIRA NETO, J. T. Conceitos modernos de compostagem. *Engenharia Sanitária*, Rio de Janeiro, V. 28, N. 22, P. 144 – 109, abr./jun., 1989.

RESENDE, F. A. "Aceleração do processo de compostagem de resíduos sólidos: avaliação de fertilizante obtido em uma usina de compostagem no litoral norte da Bahia. Salvador - BH 2005. Dissertação de Geoquímica e meio ambiente. Universidade Federal da Bahia - UFBH.

ROGERS, D. S., TIBBEN-LEMBKE, R.S. An examination of reverse logistic Practices. *Journal of Business Logistics*, v.22, n.2, 2001.

SILVA, M. C., SANTOS, G. O. Caracterização dos líquidos gerados em aterros sanitários como parâmetro indicador da fase de digestão de resíduos sólidos aterrados. 3º Simposio Iberoamericano de Ingenieria de Resíduos. João Pessoa, UFPB, 2010.

SNYDER, J. D.; TROFYMOW, J. A. A rapid accurate wet oxidation diffusion procedure for determining organic and inorganic carbon in plant and soil samples. *Soil Science. Plant Analysis*. v. 15, n.5, p. 587-597, 1984.

SOUZA, Danielle Maia de; RUBINGER, S. D. Implementação da análise do ciclo de vida na gestão dos resíduos sólidos urbanos. In: CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23, 2005, Campo Grande. **Anais**. Campo Grande: ABES, 2005.

STENTIFORD, E. I., PEREIRA NETO, J. T., MARA D. D.: Sistemas de compostagem por pilhas estáticas aeradas - uma proposição ao tratamento do lixo urbano e lodo de esgotos domésticos. 1985. Trabalho apresentado no 13º Congresso da ABES. Maceió - AL - Brasil, 26p.

ZANTA, V. M., FERREIRA, C. F. A. Gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos. In: BORGES DE CASTILHOS. A. (Org.). *Aterro sustentável para municípios de*

pequeno porte. Rio de Janeiro. 1. ed. ABES, Rio de Janeiro 2003.