

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

AERSON MOREIRA BARRETO

APLICAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA) NA AVALIAÇÃO DA
EFICIÊNCIA DE AÇÕES GERENCIAIS PARA REDUÇÃO DE DESPERDÍCIO EM
OBRAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

FORTALEZA

2010

AERSON MOREIRA BARRETO

APLICAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA) NA AVALIAÇÃO DA
EFICIÊNCIA DE AÇÕES GERENCIAIS PARA REDUÇÃO DE DESPERDÍCIO EM
OBRAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Dissertação submetida à Coordenação do
Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil:
Estruturas e Construção Civil, da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial para
obtenção do Grau de Mestre em Engenharia
Civil

Àrea de concentração: Construção Civil

Orientador:

Prof. Luiz Fernando Mählmann Heineck

FORTALEZA

2010

AERSON MOREIRA BARRETO

APLICAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA) NA AVALIAÇÃO DA
EFICIÊNCIA DE AÇÕES GERENCIAIS PARA REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS EM
OBRAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil:
Estruturas e Construção Civil, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para
obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Área de concentração Construção Civil

Aprovada em ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Luiz Fernando Mählmann Heineck (Orientador)

Universidade Federal do Ceará

Prof. Dra. Sheyla Mara Baptista Serra (Externo)

Universidade Federal de São Carlos

Prof. Dr. Ariovaldo Denis Granja (Externo)

Universidade Estadual de Campinas

Prof. Dra. Marisete Dantas de Aquino (Interna)

Universidade Federal do Ceará

AGRADECIMENTOS

À FUNCAP e ao CNPQ, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

Aos professores e professoras Marisete de Aquino, Sheyla Serra, Ariovaldo Granja, Thais Alves, Barros Neto, Alexandre Bertini, Macário de Melo, Tereza Denyse, Eduardo Cabral, Aldo Oliveira, Evandro Parente Junior.

Um agradecimento especial ao Professor Heineck pela sua brilhante contribuição na orientação da pesquisa, de forma dedicada e sempre transmitindo energia em todos os momentos.

Aos colegas Reymard Sávio, Juliana Sampaio, George Silva, Bruno Feijó e Fábio Teófilo pelo coleguismo solidário que sempre tiveram comigo.

Aos membros de minha família Neuma, Ismênia (Mena), Regina (Lê), Simone, Silvana, Arlindo, Quintino, Hermínia, Jaqueline, Daniel, Aurílio Filho e Marco, minhas queridas Tias Teresinha, Socorro e Irene, meus primos Airton, Ana, Orlando, Alvaro, Penha, Liana pela energia positiva que sempre me passaram.

Agradeço a Aila Sousa, mãe dedicada de meus filhos. E de coração aos meus filhos Tereza Neuma, Aerson Junior e Natasha Sonali, razões da minha vida e de meus esforços diários.

Ao meu amigo de longas datas Padre Haroldo Coelho pelo grande apoio na minha renovação de fé em Cristo.

A os amigos que de pronto me apoiaram e ajudaram a proporcionar as condições para minha inscrição no mestrado, entre eles Humberto Carvalho Junior, Agamenon de Almeida, Socorro Saldanha, Iaci Santos, Sandra Gadelha, Ernandi Mendes, Maria Luiza Fontenele, Manoel Lourenço dos Santos Filho, Fátima Sombra Medeiros, José Ramalho Torres, e Osmar de Sá Ponte Junior, e em especial a amiga Adonisa Aires, grande companheira, pelo seu apoio em momentos decisivos e importantes na realização deste trabalho.

A Aurílio de Sá Barreto e Julia Moreira Barreto, meus pais queridos, e a outros entes queridos que sempre estão ao meu lado me passando energia divina todo tempo e principalmente nos momentos que mais preciso.

E meu maior agradecimento é a Deus por me proporcionar tudo de bom em minha vida.

“O conhecimento nos faz responsáveis”

(Ernesto Che Guevara)

RESUMO

Um empreendimento de construção desde a sua concepção até a sua finalização possui diversas áreas que são responsáveis por tomada de decisão em seu desenvolvimento. As ações gerenciais oriundas destas decisões impactam em geração de desperdícios em níveis de importância diferentes. Este trabalho procura avaliar em quais áreas do empreendimento as recomendações gerenciais presentes evidenciam maior eficiência na redução da geração de perdas. Para desenvolver o estudo foi realizada uma revisão bibliográfica procurando o embasamento sobre as áreas gerenciais e geração de desperdício, e a viabilização da utilização das ferramentas de levantamento e análise de dados que apontassem para resultados quantitativos para o estudo. Classifica as áreas de tomadas de decisões e as ações dentro de uma perspectiva gerencial que se inicia no projeto conceitual das edificações, e percorre sua estratégia de produção, seu projeto arquitetônico e detalhamento executivo, o Projeto do Sistema de Produção (PSP) finalizando com as ações dentro do planejamento e controle de obras. Este planejamento de obras é dividido na suas esferas de longo, médio e curto prazo. O estudo da eficiência destas ações é analisado com a utilização da ferramenta DEA (Análise Envoltória de Dados) a partir dos constructos relativos às áreas de tomada de decisões, implementadas em obras de empreendimentos imobiliários que são as DMUs (Unidades de Tomadas de Decisões). Este estudo tem por objetivo apontar a área gerencial em que devem se concentrar as ações que tem maior eficiência na redução de desperdício na construção de empreendimentos imobiliários.

Palavras-chave: Desperdício, Análise Envoltória de Dados (DEA), ações gerenciais.

ABSTRACT

Production construction management is characterized by decision making in different areas that open from production strategy to site control, going through conceptual design management, design for production, production system planning, long, medium and short term planning. This research work takes the view that the above managerial areas have different impacts on waste generation on building site. In order to develop this idea a study was conducted on 31 building sites. Managerial actions were investigated using a questionnaire survey based on 16 possible areas of site decision taking, that encompass the range of possible managerial actions covered by literature. A Data Envelopment Analysis (DEA) linear programming was applied to identify that are better connected to site wastage efficiency. It concludes that concentration on production strategy, executive design and production control management are the most frequently areas associated with wastage efficiency, while medium and short range planning and PSP are the last important areas according to results obtain from this group building companies.

Keywords: Waste, Data Envelopment Analysis (DEA), managerial actions.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1– Exemplo de fluxograma de processo.	21
Figura 2 - Exemplo de uma rede estratégica	26
Figura 3 - Esquematização da definição da função produção	28
Figura 4 - Fases do processo de projeto	37
Figura 5 - Fluxograma da etapa de Projeto Executivo	39
Figura 6 - Relação entre a atividade de projeto e os custos de produção	43
Figura 7 - Relação entre os níveis de planejamento	47
Figura 8 – Esquema de aplicação de constructos	51
Figura 9 – Fronteira de eficiência e localização de DMUs	58
Figura 10 – Alcance da fronteira de eficiência.....	59
Figura 11 – Representação das fronteiras CCR e BCC.....	62
Figura 12 – Modelos DEA e classificação por ganhos (retorno) de escala e por orientação ...	63
Figura 13 – O processo de decisão utilizado pela DEA	65
Figura 14 - Tela inicial do SIADv3	67
Figura 15 - Grade de entrada de dados do SIADv3.....	68
Figura 16 - Resultados da eficiência das DMUs	68
Figura 17 – Tela com os pesos das variáveis	69
Figura 18 – Diagrama da metodologia	74
Figura 19 – Pontuação dos constructos	82
Figura 20 – Eficiência das DMUs (Obras)	88
Figura 21 – Importância relativa dos pesos	91
Figura 22 – Importância relativa dos pesos em ordem decrescente	91
Figura 23 – Diferença de visualização de gráficos com escalas diferentes nos inputs	92
Figura 24 – Comportamento dos Inputs e Output da DMU (Obra - 1)	93
Figura 25 – Comportamento dos Inputs e Output da DMU (Obra - 15)	94
Figura 26 – Comportamento dos Inputs e Output da DMU(Obra – 30).....	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - As 20 revistas que publicaram o maior número de trabalhos DEA.	54
Tabela 2 - Constructos e variáveis de maior pontuação.	80
Tabela 3 – Pontuação ajustada dos constructos.	82
Tabela 4– Tempo da empresa no mercado	83
Tabela 5 – Área construída da obra	83
Tabela 6 – Prazo de execução da obra.....	83
Tabela 7 – Número de pavimentos tipo da obra.....	83
Tabela 8 - Variáveis de entrada ou inputs	84
Tabela 9 – Dados para aplicação da DEA no SIADv3.....	86
Tabela 10 – Resultado da aplicação dos dados da pesquisa no SIADv3 - DEA	87
Tabela 11 – Quantidade de DMUs por faixa de eficiência.....	87
Tabela 12 – Pesos das variáveis na eficiência das DMUs (Obras).....	89
Tabela 13 – Estudo dos pesos proporcionais das variáveis relativos às DMUs eficientes.....	91
Tabela 14 – Dados da DMU (Obra - 1).....	93
Tabela 15 – Dados da DMU (Obra - 15).....	94
Tabela 16 – Dados da DMU (Obra - 30).....	95
Tabela 17 – Comportamento das DMUs eficientes.....	96
Tabela 18 – Quantidade de vezes que as DMUs são eficientes.....	96

LISTA DE QUADROS

Quadro 1– Perdas de materiais nas fases de um empreendimento	22
--	----

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
1.1	Justificativa do Estudo	13
1.2	Contexto da Pesquisa	15
1.3	Problema da Pesquisa	16
1.4	Objetivo da pesquisa	16
1.4.1	Objetivo Geral	16
1.4.2	Objetivos Específicos	16
1.5	Estrutura da Dissertação	17
1.6	Considerações sobre este capítulo	18
2.	REVISÃO DA LITERATURA	19
2.1	Desperdícios na Construção Civil	19
2.2	Áreas de tomada de decisões de um empreendimento imobiliário	25
2.2.1	Estratégia de Produção	25
2.2.2	Projeto Arquitetônico no âmbito da pesquisa	30
2.2.3	Projeto Executivo no âmbito da pesquisa	35
2.2.4	Projeto do Sistema de Produção (PSP) no âmbito da pesquisa	40
2.2.5	Planejamento da produção (Longo, Médio e Curto Prazo)	46
2.2.6	Controle da Produção no âmbito da pesquisa	48
2.3	Ferramentas utilizadas na pesquisa	50
2.3.1	Constructos e variáveis	50
2.3.2	DEA - Análise Envoltória de Dados	53
2.4	Considerações sobre este capítulo	70
3	METODOLOGIA DA PESQUISA	71
3.1	Delineamento da pesquisa	71
3.2	Caracterização da pesquisa	72
3.2.1	Quanto aos objetivos	72
3.2.2	Quanto aos procedimentos metodológicos	72
3.2.3	Quanto às fontes de informação	73
3.2.4	Quanto à natureza dos dados	73
3.3	Diagramação da metodologia	74
3.4	Descrição da metodologia	74
3.4.1	Revisão da bibliografia	74
3.4.2	Definição dos constructos e variáveis da pesquisa	75
3.4.3	Coleta de dados	77
3.4.4	Aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA)	79
4.	RESULTADOS E ANÁLISE	80
4.1	Validação das variáveis dos constructos	80
4.2	Importâncias dos constructos atribuídas pelos participantes da pesquisa	81
4.3	Aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA)	83
4.3.1	Amostra da pesquisa	83
4.3.2	Dados para aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA)	84
4.3.3	Valores dos <i>Inputs</i> e <i>Outputs</i>	85
4.3.4	Análise dos resultados do Processamento dos dados no SIADv3	86
4.3.5	Análise da utilização de pesos e de fator de escala pela DEA	96
4.4	Considerações sobre o capítulo	98

5.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES A TRABALHOS FUTUROS	99
5.1	Conclusões da pesquisa	99
5.2	Recomendações para trabalhos futuros.....	101
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102
	ANEXOS	118

1. INTRODUÇÃO

O desperdício gerado durante a construção vem sendo assunto de vários trabalhos científicos fazendo associação de perdas na construção com falhas na estratégia de produção, no projeto, no planejamento, nos controles gerenciais entre outros, ao quais serão mencionados na revisão bibliográfica.

As ações, os métodos de trabalho e os processos produtivos que ocorrem durante o desenvolvimento de um empreendimento de construção geram desperdícios pela própria forma como tais atividades ocorrem. A literatura, que é base teórica deste trabalho, mostra que, desde a concepção de um empreendimento, todos os procedimentos apresentam relações com a geração de desperdício nas obras de construção civil, através de ações que, se implementadas, podem potencializar a alteração de sua ocorrência.

1.1 Justificativa do Estudo

A partir da constatação de dois aspectos: primeiro, quando se menciona desperdício faz-se uma ligação predominante com perdas materiais e geração de resíduos sólidos; segundo, quando se compreende que a geração ou a redução de desperdício está relacionada à implementação de ações gerenciais durante a construção do empreendimento, viu-se a necessidade de estudar uma maneira de medir a eficiência de ações gerenciais que contribuem para redução de desperdício. Para tanto, uma amostra de obras em construção de empreendimentos imobiliários que represente o comportamento da gestão neste setor deve ser objeto de coleta de informações. A partir deste grupo de empreendimentos, deve-se buscar a possibilidade de verificar as ações e desenvolver um processo de medida da eficiência relativa das áreas gerenciais com relação à redução de desperdício.

Entende-se que este processo é permanente, repetitivo e serve para preparar a empresa no enfrentamento das mudanças ambientais, principalmente no que concerne à natureza flexível do mercado competitivo, à criação de valor para o cliente e à eliminação de desperdício. Assim, é fundamental que a medida de eficiência tenha um caráter relativo, ou seja, que a medida da eficiência das atividades gerenciais ocorra em relação aos componentes

do grupo em que a empresa ou empreendimento esteja inserido e no qual concorre no mercado. Nesse caso, a medida de eficiência auxilia o processo gerencial na busca de melhoria contínua para superar as adversidades encontradas nos ambientes interno e externo do próprio empreendimento.

Com relação a um sistema de avaliação gerencial, Macedo e Oliveira (2005) afirmam que este processo pressupõe a aplicação de ferramentas de mensuração de eficiência. Para esses autores a empresa necessita identificar quais os fatores que melhor representam seu desempenho e quais ferramentas serão utilizadas na busca do grau de eficiência que a empresa possui no grupo em que está inserida no mercado. Estes fatores ou variáveis, ao serem considerados no processo de medida de eficiência relativa, precisam ser reconhecidos pela empresa como essenciais ao sucesso da mesma. Desta forma, necessitam ser observados e gerenciados e terem como consequência a necessidade de obtenção de informações confiáveis para melhores resultados (MACEDO E OLIVEIRA, 2005).

Segundo esses autores, não há um método ou modelo que avalie a eficiência empresarial de maneira geral, ou seja, que leve em consideração toda e qualquer variável no setor empresarial. Isso leva os gestores a utilizar várias metodologias em diferentes atividades da empresa. Dado esse contexto, alguns métodos que consideram variáveis ou fatores financeiros e não financeiros também chamados de monetários e físicos (BULHÕES, 2001), assumiram importância relevante para estudos desta natureza. As obras de construção civil equivalem a unidades autônomas de tomada de decisões e que possuem as características de empresas enquadradas pelos autores. Assim as obras se equiparam, neste trabalho, a empresas as quais tomam decisões que afetam sua eficiência.

O desenvolvimento de técnicas que comparam a eficiência de várias unidades produtivas de atividades semelhantes, que tem múltiplos insumos a serem minimizados e, como resultado, múltiplos produtos a serem maximizados, tem procurado atender a esta demanda empresarial. A análise envoltória de dados é utilizada para encontrar as unidades eficientes em um grupo de empreendimentos que funcionam como unidades de decisões. A partir do estabelecimento de critérios de avaliação da DEA contribui para facilitar o processo decisório.

Ao considerar esse contexto, a intenção do trabalho é analisar a eficiência de ações gerenciais para a redução de desperdício em um grupo de empreendimentos imobiliários em construção. Essa eficiência é verificada através da técnica da Análise

Envoltória de Dados (DEA, *Data Envelopment Analysis*), onde os empreendimentos são as unidades de tomadas de decisões (DMUs, *Decision Making Units*). Essas DMUs com a aplicação da DEA são consideradas eficientes e ineficientes. O reconhecimento da eficiência relativa entre elas tem como base as variáveis levantadas na literatura e apresentadas durante o desenvolvimento dos tópicos do trabalho.

1.2 Contexto da Pesquisa

Muitas pesquisas anteriores (SKOYLES e SKOYLES, 1987, PINTO, 1999, SOIBELMAN, 1993, MCDONALD e SMITHERS, 1998, EKANAYAKE e OFORI, 2000, SOUSA *et al*, 2004, AGOPYAN *et al*, 2003 e PALIARI E SOUZA, 2006) têm tratado da geração de desperdícios como perdas materiais no decorrer da execução de processos produtivos que por sua vez são tratados como resíduos sólidos ou entulho na construção civil. Nesse caso a construção civil é tratada como indústria de conversão e conceituada como processo de produção tradicional, que transforma os insumos (materiais, informações) em produtos intermediários (alvenaria, estrutura, revestimento) ou o produto final (edificação).

Salienta-se que as pesquisas envolvem as diversas etapas e fases dos projetos de empreendimento e o desperdício, desde a concepção ao produto final do mesmo. Isso mostra que cada área do empreendimento demanda decisões que incidem no processo produtivo da construção civil. No entanto, a revisão de literatura indica que o tratamento desta relação não tem mostrado o impacto das diversas decisões sobre o nível de desperdícios que pode ocorrer.

O motivo deste trabalho é verificar onde há maior e menor influência destas decisões para a redução de desperdícios durante o desenvolvimento do empreendimento. Esta verificação não foi encontrada na literatura consultada em anais de congressos, simpósios, teses e dissertações, expostas mais adiante, o que deixa uma lacuna para o gerenciamento de empreendimentos do setor de construção civil.

1.3 Problema da Pesquisa

Devido à preocupação inicial em torno de ações gerenciais e redução de desperdício, constatou-se que estas ações poderiam ser originadas de diversas áreas gerenciais de um empreendimento em construção. Essa preocupação deu origem ao problema da pesquisa, que ficou definido da seguinte forma:

Saber qual a área gerencial em que se devem concentrar ações de maior eficiência na redução de desperdício em construções imobiliárias.

1.4 Objetivo da pesquisa

1.4.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral identificar a área gerencial da construção de empreendimentos imobiliários cujas ações geram maior eficiência na redução de desperdício com a utilização da Análise Envoltória de Dados.

1.4.2 Objetivos Específicos

De forma mais particular o presente trabalho tem os seguintes objetivos específicos:

- Levantar, na literatura relativa às áreas gerenciais em construção de empreendimento imobiliário, ações que estão relacionadas à redução de desperdício;
- Estabelecer as ações mais relevantes, entre as levantadas, como variáveis e validá-las para utilização em instrumento de pesquisa;

1.5 Estrutura da Dissertação

A estrutura do trabalho é dividida em cinco capítulos, sendo:

No primeiro capítulo são feitas considerações iniciais sobre o tema, em seguida uma justificativa do motivo do estudo. Ainda é feita uma abordagem sobre o problema da pesquisa, após a qual são definidos os objetivos do trabalho de forma geral e específica

No segundo capítulo são vistos os aspectos que dão sustentação teórica ao trabalho. As seções deste capítulo discorrem sobre: a definição de desperdício que é levada em consideração no trabalho; as áreas gerenciais na construção, ou seja, Estratégia de Produção, Projeto de Arquitetura, Projeto Executivo, Projeto do Sistema de Produção, Planejamento de Longo, Médio e Curto Prazo, e Controle de Produção. Ainda neste capítulo aborda-se a formação de constructos, suas variáveis relacionadas e validação das mesmas, e, finalmente, sobre a ferramenta para análise de dados aplicada no trabalho.

No terceiro capítulo, a metodologia implementada para a realização da pesquisa é detalhada de forma que são descritas como foram selecionadas as etapas em que ocorrem a tomada de decisões (constructos) e as ações gerenciais (variáveis), como foram validadas estas variáveis e a atribuição de valores às mesmas. Consta ainda a descrição da formatação do instrumento de pesquisa (Questionário), de como o mesmo foi aplicado e os dados levantados. Descreve também a aplicação da análise dos dados com a DEA. A partir daí, como foram obtidos os resultados da pesquisa.

O quarto capítulo aborda e comenta os resultados obtidos e a análise dos dados com a aplicação da DEA.

O quinto capítulo apresenta conclusões e considerações finais que são verificadas com a aplicação da metodologia e das ferramentas mencionadas. Também são apresentadas sugestões que poderão ser desenvolvidas em trabalhos futuros.

Após os capítulos são apresentadas as referências bibliográficas que formam as bases teóricas para fundamentação deste trabalho.

1.6 Considerações sobre este capítulo

O capítulo expõe a preocupação que concebeu esta pesquisa no que diz respeito à geração desordenada de desperdício em obras de construção civil do setor imobiliário relacionada à falta de eventuais ações gerenciais. A justificativa do trabalho é pautada na visão de desperdício na forma como se procede a medida deste desempenho, vista na literatura e no surgimento de novas técnicas para verificar a eficiência na gestão de obras. Com isto, o problema da pesquisa é definido com vistas a buscar identificar ações que mais eficientemente reduzem desperdício. Os objetivos da pesquisa são traçados tanto de forma geral como específica e têm como foco principal a utilização da técnica de medida de eficiência denominada Análise Envoltória de Dados. O universo desta mensuração são ações gerenciais reconhecidas na literatura como redutoras de desperdício em construções de empreendimentos imobiliários.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo são abordadas as contribuições teóricas que fundamentam o trabalho. Nesse sentido, o capítulo foi dividido em três seções, procurando delinear os aspectos centrais do estudo.

A primeira seção apresenta a compreensão do desperdício na construção civil a partir de conceitos, definições e abordagens de vários autores.

A segunda seção apresenta abordagens teóricas sobre as áreas gerenciais da construção de um empreendimento imobiliário, com foco na redução de desperdício.

A terceira seção trata das ferramentas utilizadas para a coleta de dados e análise de dados, sendo formada por dois subitens. O primeiro subitem procura compreender a formação de constructos e suas respectivas variáveis e o segundo aborda a ferramenta chamada de Análise Envoltória de Dados ou DEA (*Data Envelopment Analysis*).

Para finalizar, o capítulo faz considerações sobre o referencial teórico que foi apresentado.

2.1 Desperdícios na Construção Civil

a) Desperdício como perda

O desperdício em obras de construção civil é geralmente associado às perdas materiais e à geração de resíduos que estão relacionado à questão física das obras. O termo perdas na construção civil, conforme Soilbelman (1993) refere-se à parcela inevitável ou economicamente viável de ser combatida, enquanto a fração evitável das perdas denomina-se desperdício. As perdas devem ser entendidas como qualquer ineficiência que se reflita no uso de equipamentos, de materiais, de mão de obra e de capital em quantidades superiores àquelas necessárias à produção da edificação, ou seja, englobam tanto a ocorrência de desperdício de materiais quanto a execução de tarefas desnecessárias que geram custos adicionais e não agregam valor (FORMOSO *et al.*, 1997).

Segundo Isatto *et al.* (2000), existem divergências na construção civil quanto à definição de perdas. Com frequência esse termo é considerado sinônimo de entulho, tais como; restos de madeiras, argamassa, blocos e outros materiais, os quais não apresentam possibilidade de serem aproveitados, ou seja, a perda é entendida como todo material sem valor, que sobra ao final da obra ou serviço. Os mesmos autores afirmam que tal conceito não é adequado, pois resulta em uma idéia errônea de que toda obra sem entulho é uma obra eficiente e sem necessidade de realizar melhorias.

Para esses autores, como no conceito de perdas predomina a visão de entulho, há um direcionamento para concluir que as perdas sempre são visíveis e facilmente mensuráveis, sendo calculadas sem dificuldades levando a crer que a determinação dos custos de perdas de uma obra seria obtida pela soma das perdas de cada material. No entanto, os autores consideram que há grande dificuldade no levantamento de perdas na construção devido à grande variabilidade que existe nos canteiros de obras. Estas dificuldades estão relacionadas a projetos, recursos humanos e financeiros, condições climáticas e tecnológicas.

Colombo e Bazzo (2001) consideram que o desperdício não pode ser visto apenas como rejeitos, mas como toda e qualquer perda durante o processo. Qualquer utilização de recursos além do necessário à produção de determinado produto é caracterizada como desperdício e classificado conforme seu controle, sua natureza e sua origem. Esses autores ainda afirmam que as perdas de material são destaque quando se trata de desperdício na construção civil. O consumo desnecessário de material resulta numa alta produção de resíduos, causa transtornos nas cidades e reduz a disponibilidade futura de materiais e energia. A geração dos desperdícios ocorre em todas as atividades desenvolvidas no setor da construção civil, embora nem toda perda efetiva se transforme em rejeito visto que uma parcela é incorporada à obra.

Além destas perdas, Formoso *et al* (1997), afirmam que podem existir tipos de perdas de natureza diferente destas, como roubo, vandalismo e acidentes. A partir dessa constatação, os mesmos classificam as perdas, segundo o seu controle, em perdas inevitáveis e evitáveis. A primeira corresponde a um nível aceitável de perdas e a segunda quando os custos de ocorrência são substancialmente maiores que os custos de prevenção das mesmas. Nesse caso os recursos são empregados inadequadamente em decorrência da baixa qualidade do processo. Observa-se que as perdas apontadas pelos autores ocorrem em qualquer etapa ou

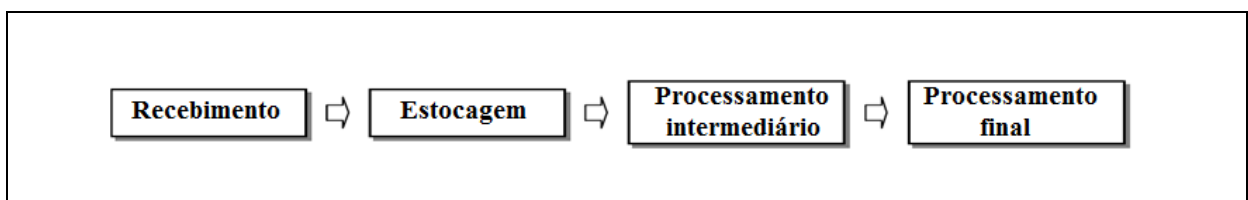
fase do empreendimento e que todas são oriundas de decisões tomadas durante o desenvolvimento da obra nas suas várias áreas.

Souza *et al* (2004) consideram que a indústria da construção civil é uma grande geradora de resíduos. Esses autores enfatizam que atualmente há uma ênfase na discussão dos caminhos para reduzir o consumo desnecessário de materiais na construção com importância na busca por uma construção sustentável. Conforme esses autores, as perdas estendem-se além do conceito anterior e englobam tanto a ocorrência de desperdícios de materiais quanto à execução de tarefas desnecessárias. Para reduzir as perdas na construção de edificações é necessário conhecer sua natureza e identificar suas principais causas.

Segundo ainda esses autores, os indicadores de perdas têm função de demonstrar o desempenho atual da organização, o controle sobre o que é estabelecido, e serve de instrumento para o estabelecimento de metas ao longo do processo de melhoria contínua e motivação das pessoas nele envolvidas.

Para Souza (1997), as perdas seriam o consumo de materiais que excede o teoricamente necessário e podem ser medidas através de unidades físicas (peso, volume) ou de unidades financeiras, sendo classificadas em aparentes (ou diretas) e de natureza oculta (ou indireta). Enquanto as diretas são as que saem da obra como entulho, as indiretas permanecem e é subdividida em perdas por substituição, por imprevisão e por negligência.

Para visualização e análise de problemas e melhor entendimento de todas as etapas que os materiais passam até seu uso final, Souza *et al* (2004) elaborou um fluxograma de processos das diversas atividades em uma obra relativos a materiais. Este fluxograma apresentado na figura 1, facilita a detecção de falhas que podem ser evitadas.



Fonte: Sousa *et al* (2004)

Figura 1– Exemplo de fluxograma de processo.

Para Agopyan *et al* (2003) existem diferentes fases do empreendimento em que pode ocorrer consumo excessivo de material: na concepção, execução e utilização destes. O

quadro 1, na página seguinte, apresenta a caracterização da perda e a parcela de perdas, segundo estes autores.

Quadro 1– Perdas de materiais nas fases de um empreendimento

Fases	Concepção	Execução	Utilização
Caracterização da perda	Diferença entre quantidade prevista num projeto e a quantidade necessária de acordo com o projeto idealizado	Diferença entre a quantidade prevista no projeto idealizado e a quantidade efetivamente consumida	Diferença entre a quantidade prevista para manutenção e a efetivamente consumida num certo período
Parcela de perda	Material incorporado	Material incorporado e entulho	Material incorporado e entulho

Fonte: Agopyan *et al* (2003)

Esses autores alertam que em uma avaliação de desperdícios deve-se considerar a existência de perdas que saem da obra como entulho e as que ficam incorporadas à obra. A partir desta visão afirmam que tais perdas não são totalmente evitáveis, carecendo-se de uma análise a partir de um fluxograma dos processos, de indicadores de perdas e consumos para definir qual parcela da perda poderia ser considerado desperdício.

b) Desperdício como resíduo

A Resolução nº307/02 CONAMA (2002) define que os resíduos da construção civil são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, entre outros, comumente chamados de entulhos, calça ou metralha. Para Shen *et al* (2004), enquanto alguns destes resíduos são recicláveis e reutilizáveis, a maioria geralmente é despejada em um aterro sanitário. Os resíduos são muitas vezes as misturas de inertes e de materiais orgânicos. Os resíduos inertes são normalmente utilizados em áreas públicas de enchimento e trabalhos de formação e os restantes são misturados e muitas vezes contaminados, não sendo adequados para reutilização ou reciclagem, mas depositados em aterros.

Três definições de resíduos são destacadas a seguir para complementar o entendimento de entulho neste trabalho:

- Segundo Maia (1993), o resíduo é todo aquele material acumulado depois que uma parte é tomada e usada e que não apresenta fim específico, ou seja, é constituído por materiais que depois de utilizados não apresentam utilidade. Deste modo se faz necessário estudar a viabilidade da aplicação do material que sobra depois de sua aplicação, uma vez que o mesmo não deve ser desperdiçado, o que o classificaria como resíduo.
- Ekanayake (2000) define resíduos de materiais de construção como qualquer material, além de materiais de terra, que precisam ser transportados do local de construção ou utilizados dentro do próprio canteiro de obras com a finalidade de aterros, incineração, reciclagem, reutilização ou compostagem, além da finalidade específica do projeto causando danos materiais, o excesso e a não utilização.
- Agopyan *et al.* (2003) considera o entulho como a parcela de material não incorporada, ou seja, aquela que não é aproveitada ou aplicada no local previsto. Na fase de construção o entulho foi considerado como toda sobra de materiais adquiridos e não usados ao longo do processo construtivo.

A construção civil inserida como uma atividade que busca uma produção e gestão em sintonia com a não agressão ao meio ambiente é definida como construção sustentável por Marques Neto (2005) quando no seu gerenciamento procura manter um ambiente saudável a qual identifica os aspectos de sustentabilidade econômica; funcional dos edifícios; ambiental; humana e social. Esse autor compreende que a base da construção sustentável é a redução de desperdícios através do desenvolvimento de tecnologias que contribuem para eliminação de perdas.

Para Vieira e Molin (2004), é possível minimizar o impacto ambiental da geração destes resíduos com a sua reciclagem, e a partir do ponto de vista da durabilidade há viabilidade da utilização de agregados reciclados em concreto na própria obra que o gerou, desde que tomadas todas as providências quanto a especificações, normatização e utilização destes materiais.

c) Medida de desperdício

Como este trabalho visa a avaliar a eficiência de ações gerenciais relativas à redução de desperdício em obras, procurou-se estabelecer um indicador que pudesse representar esse fator. Assim, decidiu-se optar por associar a medida de desperdício à geração de entulho de construção nas obras incluídas na pesquisa.

Novaes e Mourão (2008) criaram um indicador que representa a geração de entulho. Este indicador é a divisão, segundo os autores, do volume total de resíduo gerado em m³ pela área total construída em m². A partir deste indicador, gerou-se outro indicador que é a altura em cm de resíduo gerado para cada m² de área construída. Desta maneira pode-se comparar a proporção de resíduos (entulho) com relação à construção executada. Percebe-se que este indicador é diretamente proporcional à quantidade de entulho gerado, e inversamente proporcional à redução do mesmo.

A partir dessa avaliação, procurou-se obter um indicador que apresentasse proporcionalidade em relação à redução de entulho. Assim, este trabalho adotou um indicador denominado de ACR (Área construída por resíduo), ou seja, a divisão da área total construída em m² pelo volume de resíduo gerado em m³. Este indicador equivale ao inverso do indicador criado por Novaes e Mourão (2008), representa a área construída em m² que a obra produz um m³ de resíduo e é diretamente proporcional à redução de entulho na obra, ou seja, quanto maior seu valor melhor será a redução de desperdício ou entulho na obra.

$$ACR = \text{Área construída total (m}^2\text{)} / \text{Volume de resíduo gerado (m}^3\text{)}$$

Portanto a forma utilizada neste trabalho para indicar a redução de desperdício foi através da medida de entulho produzido pela obra, e a partir da área total construída calculou-se o valor da ACR em cada obra. Este valor consta como produto das ações gerenciais implementadas na obra e faz parte desta pesquisa.

2.2 Áreas de tomada de decisões de um empreendimento imobiliário

2.2.1 Estratégia de Produção

a) Definição de estratégia de produção

Barbosa (2008) constata que a definição mais adequada para estratégia de produção, a partir de estudo da evolução organizacional, deve satisfazer a acadêmicos e a gestores e explicar como as organizações agem. Esse autor enfatiza que é importante que os dirigentes das empresas tenham uma definição clara de sua estratégia de produção de maneira que tenham condições de torná-la explícita, explicada, e que a mesma possa gerar economia de tempo e eficiência no processo de sua formulação.

Para Barros Neto (1999), a estratégia de produção é considerada como um padrão de decisões referentes à função produção que sejam coerentes com a estratégia competitiva da empresa e com as funções administrativas que a compõem. A função produção é entendida inicialmente como a responsável pela transformação de matérias-primas, energia e informações em bens e/ou serviços. Neste sentido passa a ter um enfoque voltado para sua influência direta nas definições estratégicas das organizações. É importante perceber que a produção passa a fazer parte explícita do planejamento estratégico da empresa, buscando antecipar tendências da função produção. Cordeiro *et al* (2006) reforçam esta visão e acrescentam que a estratégia pode ser um plano ou um conjunto de ações planejadas com influência no ambiente competitivo.

Segundo Costa *et al* (2002), a estratégia de produção deve estar concatenada com a estratégia competitiva da empresa e com as outras funções estratégicas e referir-se diretamente à função produção dos empreendimentos da empresa. Na figura 2, os autores mostram como a estratégia de produção relaciona-se com as demais estratégias. Este instrumento foi desenvolvido com intenção de facilitar a discussão da estratégia por parte da alta direção de uma empresa. Para esses autores o uso da rede estratégica melhorou a comunicação e a transparência da empresa e facilitou o reconhecimento de indicadores para as diversas estratégias. A referida rede tem como elemento principal o objetivo geral da empresa, que pode ser desdobrado em objetivos específicos e suas respectivas metas. Na figura citada,

Neste quadro, constatam-se quatro tendências de mudanças relativas a estratégias adotadas pelas empresas construtoras, e reforçam a preocupação das empresas com formulação de estratégias de produção. A primeira tendência refere-se à incorporação de novos sistemas construtivos à atividade produtiva; a segunda, à transferência de uma fração do processo produtivo da obra para o setor de materiais, o que reforçou a padronização com atividades repetitivas; a terceira refere-se à procura da redução de gastos com recursos humanos, intensificando a prática da subcontratação; a quarta tendência procurou incrementar a produtividade no canteiro e consistiu a busca de maior eficiência no processo produtivo.

Segundo Farah (1993), estas tendências vieram dar ênfase no processo produtivo e na qualificação para o trabalho dos operários. Primeiro com a melhoria do planejamento da obra, do canteiro e na racionalização do uso dos recursos; segundo com a capacitação através de cursos e treinamentos específicos e com o reconhecimento do esforço produtivo para o sucesso no empreendimento. Com isto foi reforçada a importância da estratégia de produção como ferramenta potencialmente capaz de melhorar os processos produtivos e de trabalho na construção civil.

Assumpção e Lima Junior (1996) consideram que a estratégia de produção pode ser definida para o atendimento das melhores condições de ajuste do fluxo de caixa do empreendimento, visando a reduzir investimentos durante o período de produção. Esses autores caracterizam a estratégia de produção pelo ajuste à realidade dos aspectos relacionados pela sequência e pela trajetória dos principais serviços, fazendo interligação exclusiva com as receitas e vendas. Essa ligação deve acontecer de maneira que a estratégia de produção seja compatível com a capacidade de pagar do público alvo do empreendimento.

Para Paiva (1999) a estratégia de produção está relacionada à dinâmica ambiental em que a empresa se insere com ajustes constantes. Na formulação da estratégia de produção, a empresa deve obter múltiplas informações características do dinamismo ambiental, tendo, no centro deste processo, o conhecimento organizacional da produção e sua orientação funcional. O autor cita novas fontes de informação (como *internet* e *Electronic Data Interchange* – EDI), tecnologias que envolvem equipamentos (como sistemas flexíveis de manufatura – FMS), tecnologias de gestão (como gerenciamento de qualidade total ou *Just-in-time*) e mudanças de modo de competir, como alguns aspectos que têm ligação com o ambiente competitivo que influenciam no processo de estratégia de produção.

Barros Neto (1999) em sua abordagem sobre a conceituação de estratégia de produção salienta que, no passado, a produção foi esquecida e deixada em segundo plano. A preocupação do setor empresarial pela busca da eficiência produtiva estava mais relacionada às exigências do setor de marketing das empresas. A produção nesse caso era avaliada apenas pela busca de redução de custos. Com a introdução da estratégia de produção no setor da construção, iniciam-se estudos sobre a função produção e a competitividade nas empresas.

Barros Neto (1999) ressalta que todas as atividades que possuem qualquer conexão com a produção têm interface com a função produção na perspectiva de formulação de uma estratégia de produção. Para mostrar esta conexão é apresentada na figura 3 uma esquematização da função produção.



Fonte: Barros Neto (1999), adaptado de Slack *et al* (1997)

Figura 3 - Esquematização da definição da função produção

Barros Neto (1999) ainda afirma que o surgimento de problemas com relação a esse item tem ocorrido pela falta de controle nas modificações, com riscos nas trocas de materiais, causando transtornos à programação das obras, retrabalho, atrasos, aumentos de custos, perda de materiais e outros tipos de desperdícios.

b) Estratégia de Produção e Desperdício

Nas abordagens sobre estratégia de produção, foram encontradas citações que se caracterizam como ações gerenciais que reduzem o desperdício, conforme a visão de desperdício considerada nesta pesquisa.

Exemplificando este procedimento observa-se que Barros Neto (1999) ao desenvolver seu raciocínio sobre o conteúdo da estratégia de produção propõe decisões consistentes sobre organização do processo produtivo. Inclui entre estas a ação gerencial de manter uma relação com fornecedores como categoria de decisão classificada como infra-estrutural na empresa. O autor afirma que esta categoria tem uma forte ligação com a categoria de integração vertical do empreendimento que faz parte dos critérios competitivos da estratégia de produção. Ao fazer esta ligação, torna possível relacionar essa ação gerencial com redução de desperdício, observando o que o autor afirma sobre integração vertical. O autor afirma que uma boa integração vertical pode reduzir seus custos de produção através da diminuição de custos de transação e de transporte; melhoria da qualidade de seus produtos com o uso de matérias-primas de boa qualidade; garantia de entrega de produtos acabados nos prazos estabelecidos; ou entrega dos produtos acabados aos clientes de acordo com suas necessidades. Observa-se que os resultados de manter uma relação com fornecedores tem estreita relação com a eliminação de atividades que não agregam valor, implicando assim redução de desperdício. Barros Neto (1999) mantém que as perdas se devem a excesso de movimentação no local de trabalho, de transporte, superprodução, retrabalho, e que são caracterizadas como desperdício por Formoso (2002). Portanto é possível associar as perdas com excesso de transporte. Um exemplo é a não entrega de blocos em pacotes paletizados no local de estoque na obra; o retrabalho com o uso de materiais de pouca resistência e inadequados à manipulação dos mesmos diariamente.

A tabela 1A do anexo 1 apresenta as ações relacionadas à estratégia de produção e suas respectivas fontes bibliográficas.

2.2.2 Projeto Arquitetônico no âmbito da pesquisa

O conceito de projeto arquitetônico é definido a seguir a partir de aspectos de qualidade, organização da produção, envolvimento de profissionais e ferramentas para sua formação.

Para Franco e Agopyan (1993) o projeto arquitetônico se enquadra na fase de concepção do empreendimento e é nessa fase que se origina a maioria dos problemas patológicos dos edifícios. Para esses autores, evidencia a existência de um consenso no meio técnico quanto importância da fase de concepção. No entanto, na prática se observam poucas medidas de melhoria desta atividade. Nesta fase é dada mais atenção aos aspectos estratégicos do gerenciamento, ao fluxo financeiro e às etapas de comercialização. O projeto arquitetônico é relegado para segundo plano. Sua elaboração não aprofunda as soluções construtivas, postergando-as para a etapa de construção no canteiro de obras. Essa situação, segundo os citados autores, leva inevitavelmente à geração de desperdícios e ao surgimento de patologias. Nesse caso, o gerente do canteiro passa a decidir sobre dúvidas no projeto arquitetônico tanto pelo elemento do projeto como pela forma de executar, gerando riscos que agravam a geração de perdas.

Franco e Agopyan (1993) e Schneider (2001) afirmam que a fase de concepção do projeto de uma edificação é uma das mais importantes, devido a ser nessa fase que é decidido como será produzida a obra, onde se estabelece seu uso e futura manutenção. Dessa forma percebe-se a contemporaneidade das afirmações de Franco e Agopyan (1993).

Oliveira e Graffunder (2004) afirmam que o projeto, enquanto instrumento estratégico para o aumento da competitividade e equilíbrio entre as interfaces produto-projeto e projeto-produção, tem sido valorizado entre as empresas do subsetor de construção civil. Segundo esses autores, a atividade de projetar tem caráter multidisciplinar e estabelece diretrizes do empreendimento, inclusive do processo construtivo, com reflexo na satisfação dos clientes tanto internos como externos. Devido a pouca interação entre as etapas do projeto e seus agentes, caracterizada pelo seqüenciamento e pela fragmentação das atividades de projeto, terminam ocorrendo não-conformidades e defeitos de execução. Isso significa que o projeto foi elaborado sem a perspectiva da execução da obra. Nesse caso há o surgimento de uma série de não-conformidades causadas por um projeto com falhas e erros. Ocorrem falhas

quando se tem um projeto com faltas, omissões ou defeitos nas informações, com erros quando se adota os dados incorretos, inexequíveis e em desacordo com as normas e legislação em vigor.

Assim, os autores afirmam que os efeitos das não-conformidades traduzem-se em perdas e desperdícios de materiais e componentes, improdutividade, ociosidade de mão-de-obra e de equipamentos, provocando prejuízos financeiros de difícil mensuração. Também determinam deterioração no relacionamento entre os agentes, fornecedores e colaboradores.

Como foi descrito, há uma forte relação do projeto com a geração ou redução de desperdício, o que é constatado por Carvalho (2003) ao afirmar que um fator que demarca o valor do projeto para o empreendimento é sua relação com os custos relativos dos problemas e desperdícios verificados nas obras. Grande parte destes custos decorre de falhas observadas no processo de projeto.

A seguir serão enumeradas conceituações sobre o projeto arquitetônico e também ações gerenciais, que implicam redução de desperdício.

A importância do projeto arquitetônico na produção de um empreendimento é enaltecida por Schneider (2001) ao afirmar que é através do projeto arquitetônico que se terá propostas para o projeto do produto, que venham a induzir uma maior ou menor produtividade nos canteiros de obras. As ações gerenciais podem ser indicadas como formas alternativas de participação do usuário e da força de trabalho no processo do projeto, como também são tomadas decisões que resultam em determinadas formas de uso e manutenção dos ambientes e mesmo do edifício como um todo. O autor insiste em que devem ser levados em consideração na elaboração de projetos os seguintes itens: modulação, padronização, precisão, normalização, permutabilidade, mecanização, repetitividade, divisibilidade, transportabilidade e custo, tudo em função da racionalidade e da qualidade na construção. Estes fatores importam na relação do projeto arquitetônico com os componentes da cadeia de suprimentos do empreendimento. Constata-se que sua elaboração tem forte relação também com os critérios de industrialização desta cadeia.

Paiva e Soares (2007) conceituam o projeto arquitetônico como a representação da construção, da criação, da funcionalidade e da estética, tendo um importante papel no processo construtivo e na materialização de uma idéia. Na visão dos autores, no processo de projeto sob a ótica do desenvolvimento sustentável, os profissionais devem ter a intenção de

utilizar sistemas construtivos que visem a minimizar perdas. Com relação aos materiais, os autores afirmam que o projetista deve fazer escolhas criteriosas de materiais e tecnologias a serem usados na obra que permitam minimizar o desperdício.

Novaes (2001) distingue dois conceitos de projetos. Um estático, que é constituído de elementos gráficos e descritivos, com linguagem própria, ordenado e elaborado para atender às necessidades da etapa de produção e outro dinâmico, que tem sentido de processo com soluções elaboradas, a partir de necessidades de compatibilização. O projeto estático é dito projeto-produto e o dinâmico projeto-processo. Um assume caráter tecnológico e outro gerencial. Tecnológico por possuir soluções que estão presentes nos detalhamentos dos vários projetos elaborados e gerencial pela composição em fases diferenciadas com intervenção de diversos participantes relacionadas a decisões técnicas e econômicas.

Esse mesmo autor compreende que a função tecnológica e gerencial tem deixado a desejar, devido à dissociação do projeto da produção do empreendimento. Dessa forma desconsidera os aspectos produtivos durante a sua elaboração, ocasionando omissões de detalhamentos. Assim, o projeto atribui responsabilidades outras, o que poderia ser evitado propondo soluções antecipadamente. Considera ainda que a busca da qualidade do projeto pode ser vista tanto na visão de melhoria de soluções como da qualidade de processos. Para tanto, afirma que a participação dos profissionais de projeto durante a etapa de produção dos empreendimentos contribui para retroalimentação de informações que permite a redução de incertezas em projetos futuros devido à maior proximidade destes profissionais com a realidade produtiva. Segundo este autor, dois itens são importantes para garantir o controle e a qualidade de projetos: a compatibilização dos projetos e o desempenho alcançado na produção de diversos elementos construtivos. Esses itens dependem das condições de elaboração dos projetos.

Sobre a compatibilização entre o projeto arquitetônico e os demais projetos complementares, Mikaldo Jr e Scheer (2007) afirmam que este procedimento proporciona soluções integradas entre as diversas áreas de um empreendimento, tornando os projetos compatíveis entre si. Essa atividade, segundo esses autores, compreende a sobreposição de projetos o que dá condições para observar e solucionar as interferências detectadas em reuniões entre os profissionais envolvidos.

O impacto do projeto arquitetônico no ciclo de vida do empreendimento é ressaltado por Lopes e Amorim (2004) quando o tratam como processo, tornando-o mais do

que uma concepção e representação arquitetônica, pois agrega atividades de apoio preliminares, simultâneas e posteriores ao desenvolvimento do projeto em si. Para esses autores, o projeto arquitetônico como processo possui três fases: a primeira pertence ao estágio de planejamento do produto, quando são realizadas atividades de captação, organização e verificação das restrições impostas ao produto e os objetivos que nortearão o desenvolvimento do projeto; a segunda consta da etapa de desenvolvimento do projeto arquitetônico onde este é concebido; a terceira fase consta da etapa de uso da edificação onde é feita a avaliação pós-ocupação do projeto arquitetônico. Assim, o projeto arquitetônico funciona como uma ferramenta de interligação entre os demais processos do projeto da edificação.

Fontenelle & Melhado (2002), dão grande importância à fase de projeto arquitetônico por estar diretamente relacionada à concepção inicial do produto, refletindo seu conteúdo global em todas as etapas subsequentes do processo de produção. Esse enfoque é considerado pelos autores como uma evolução com relação à antiga idéia de controle de inspeção e busca com isso esforços na melhoria da qualidade para a concepção dos processos produtivos. O subsetor de empreendimentos imobiliários tem despertado para a importância da fase de projeto, o que tem provocado reflexos negativos quanto à qualidade do produto. Isso ocorre devido à grande separação que é feita entre a fase de projeto e a fase de construção, como se ocorressem sem nenhum vínculo, como se a elaboração do projeto e a construção se comportassem de forma independente.

Esses autores ainda afirmam que a fase de projeto deve ser tratada no âmbito da estratégia competitiva da empresa, devido a estar incluído no mesmo processo que cria, desenvolve e viabiliza a materialização do produto com o qual a empresa compete no mercado. Estabelecem a escolha de um fluxo-base que atenda aos interesses e às necessidades de todos os intervenientes envolvidos. Este fluxo-base propõe a unificação das nomenclaturas para cada etapa do processo de projeto. Para todas as etapas deste fluxo-base o ponto chave para o aumento da eficiência e da eficácia do processo de projeto é a necessidade de sistematização de informações como subsídio ao seu desenvolvimento, o que passa por uma padronização de linguagem.

Maia (2003) entende que o projeto do canteiro de obras ou do seu arranjo físico é um dos componentes da concepção do edifício. Desta forma, inclui-se o projeto do canteiro no contexto de projeto arquitetônico. Para o autor, o projeto do canteiro deve observar todos

os recursos de produção, que serão utilizados, organizados e distribuídos de forma a apoiar e a realizar os trabalhos e as atividades de construção com vistas a contribuir para a gestão, a racionalização, a produtividade, o conforto e a segurança dos operários.

O autor propõe um método para subsidiar a definição de arranjo físico dos elementos do canteiro. Esse método faz e atribui pesos a alguns critérios para balizar e avaliar propostas de arranjo físico do canteiro de obras tais como: acessibilidade; facilidade para movimentação de materiais e de pessoal; interferência entre fluxos; confiabilidade de equipamentos; aspectos quanto à qualidade de estoque; segurança patrimonial; segurança de mão-de-obra; estética e marketing; flexibilidade; salubridade, conforto e movimentação de operários; interação administrativa, produção e custos. O projeto de arranjo físico do canteiro é uma maneira de eliminar imprevistos e improvisos, contribuindo para o sucesso das atividades a serem desenvolvidas no mesmo. A obtenção de informações sobre o projeto arquitetônico, dos processos e a utilização de critérios bem definidos favorece que o projeto do canteiro seja desenvolvido de forma mais objetiva, contribuindo para eliminação de perdas.

A questão ambiental vem crescendo em nível de sensibilização por parte da construção civil no Brasil (MARQUES e SALGADO, 2007). Esses autores afirmam que a avaliação da qualidade de um projeto arquitetônico passa pelo aspecto da sustentabilidade do produto (edifício) que leva em consideração as questões ambientais e que reduz os impactos negativos causados pela construção e pelo edifício pronto. Essas questões são relacionadas aos materiais utilizados, à geração de resíduos provenientes dos processos construtivos utilizados, dos dispositivos de redução do consumo de energia e água incorporado ao edifício, entre outras.

Nas abordagens sobre estratégia de produção, foram encontradas citações que se caracterizam como ações gerenciais que reduzem o desperdício, conforme a visão de desperdício considerada nesta pesquisa. A tabela 1B do anexo 1 apresenta as ações relacionadas ao projeto arquitetônico e suas respectivas fontes bibliográficas.

2.2.3 Projeto Executivo no âmbito da pesquisa

Segundo a revisão de literatura, o projeto executivo é também uma área de tomada de decisões que tem impacto na geração de desperdício, devido à grande relação que há entre o projeto executivo e a determinação na manipulação de materiais e na definição dos processos construtivos. O texto desta seção faz uma composição de diversas compreensões sobre esta área gerencial e dá um formato da visão do pesquisador no âmbito do estudo.

Franco e Agopyan (1993) afirmam que é na fase do projeto executivo que se pensa em todos os detalhes da produção. Para isto deve-se ter como base os princípios da racionalização. Obras produzidas com uma boa relação projeto/produto obtém racionalidade na construção, com redução de desperdícios materiais, garantia de qualidade, segurança e possibilidade de menor custo da edificação. Para a aplicação da racionalização construtiva deve se iniciar pela elaboração do projeto que garanta uma execução eficiente da obra, resultando na diminuição de custos e no aumento do desempenho da edificação. Santos e Amaral (2001) corroboram com esses autores ao afirmarem que o projeto executivo deve apresentar alguns elementos, tais como: desenhos, detalhes, informações pertinentes à tecnologia empregada e processo de montagem de elementos diversos da obra.

Já Rodriguez e Heineck (2002) estabelecem uma relação entre projeto executivo e racionalização e construtibilidade. Esses afirmam que a construtibilidade no processo de projeto executivo é entendida como a aplicação adequada do conhecimento e da experiência técnica para racionalizar a execução dos empreendimentos em vários níveis, fortalecendo a inter-relação entre as etapas de projeto e execução. Nesse entendimento, relacionam diretrizes que os projetistas devem aplicar para uma melhor racionalização do custo do trabalho, tais como:

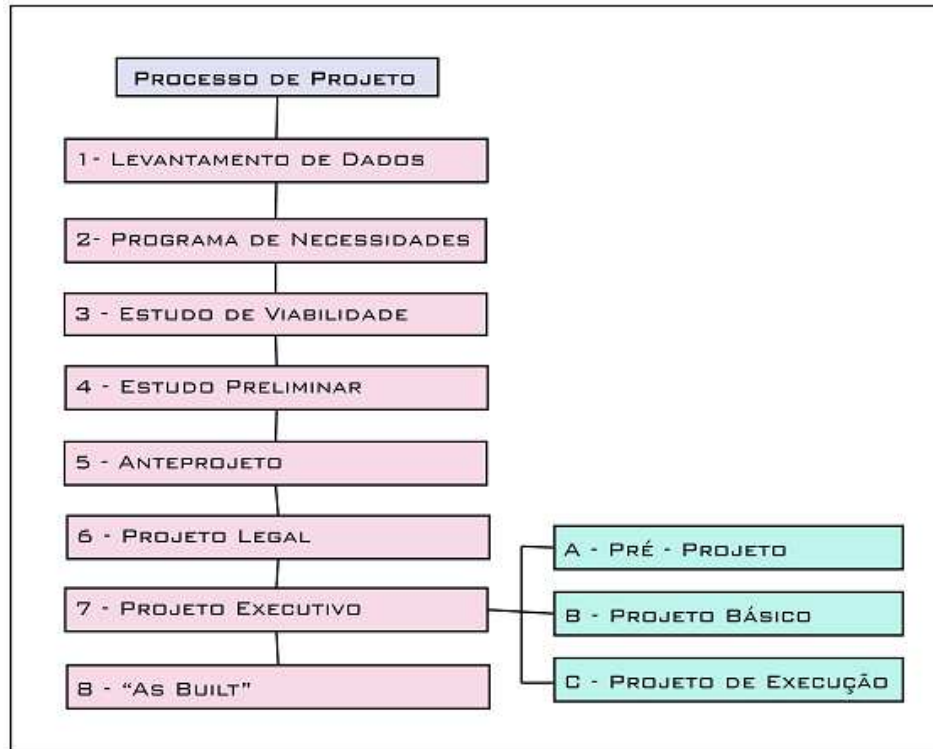
- Simplificar os detalhes do projeto para melhorar a execução da produção;
- Projetar para uso hábil da experiência de mão-de-obra disponível, sequências práticas e simples das operações de construção, substituições e tolerâncias práticas, padronizar e usar repetições e facilitar a comunicação com o construtor.

Concluem que o desempenho do processo global do empreendimento pode ser melhorado com a aplicação da construtibilidade no processo de projeto executivo.

Carvalho (2003) trata o projeto executivo como uma etapa do processo de projeto e afirma que o mesmo deve apresentar os desenhos finais de todos os elementos da obra, objetivando sua fiel execução. Além disso divide o projeto executivo em: pré-executivo; projeto básico; projeto de execução e detalhe de execução.

- O projeto pré-executivo é entendido como um anteprojeto de maneira que permita verificar as interferências com os anteprojetos complementares. Esse projeto deve receber todas as informações possíveis, desde as definições das fases anteriores, aprovação de sistemas e padrões construtivos à aprovação do projeto legal;
- O projeto básico trata da solução desenvolvida pelo pré-executivo já compatibilizado com os projetos complementares. No caso, há formação de um conjunto de documentos onde constem todos os projetos básicos complementares;
- O projeto de execução funciona como uma complementação do projeto básico onde constam todas as informações para execução da obra. O objetivo deste é a geração de documentos relativos a todos os elementos necessários à correta execução da obra ou serviços no que tange à execução técnica e artística do empreendimento. Todas as informações referentes às aprovações das etapas anteriores, compatibilizações, coordenação e gerenciamento de projetos estão inseridas no conjunto de documentos do projeto de execução;
- O detalhe de execução consta de um conjunto de documentos para a melhor compreensão de todos os elementos do projeto para sua execução, que serve de complemento ao projeto de execução. As informações de grande importância no detalhe de execução estão relacionadas aos processos de execução e às características de pequenos elementos da obra.

Paiva e Soares (2007) corroboram com Carvalho (2003) quando, em seu trabalho sobre o processo de projeto, apresentam o projeto executivo como parte desse processo e o dividem em pré-projeto, projeto básico e projeto de execução, mostrado no diagrama da figura 4 seguinte. Afirmam, observando o diagrama, que, conforme as fases do processo de projeto vão se definindo, as incertezas vão diminuindo e o grau de definição aumentando.



Fonte: Paiva e Soares (2007)

Figura 4 - Fases do processo de projeto

Carvalho (2003) reforça que os serviços do projeto executivo relacionam-se primeiramente para a compatibilização de projeto seguido da execução da obra. Ressalta que deve haver uma participação efetiva e conjunta dos principais intervenientes (Arquiteto, Construtores e Projetistas complementares) na discussão e na aprovação das etapas do projeto executivo.

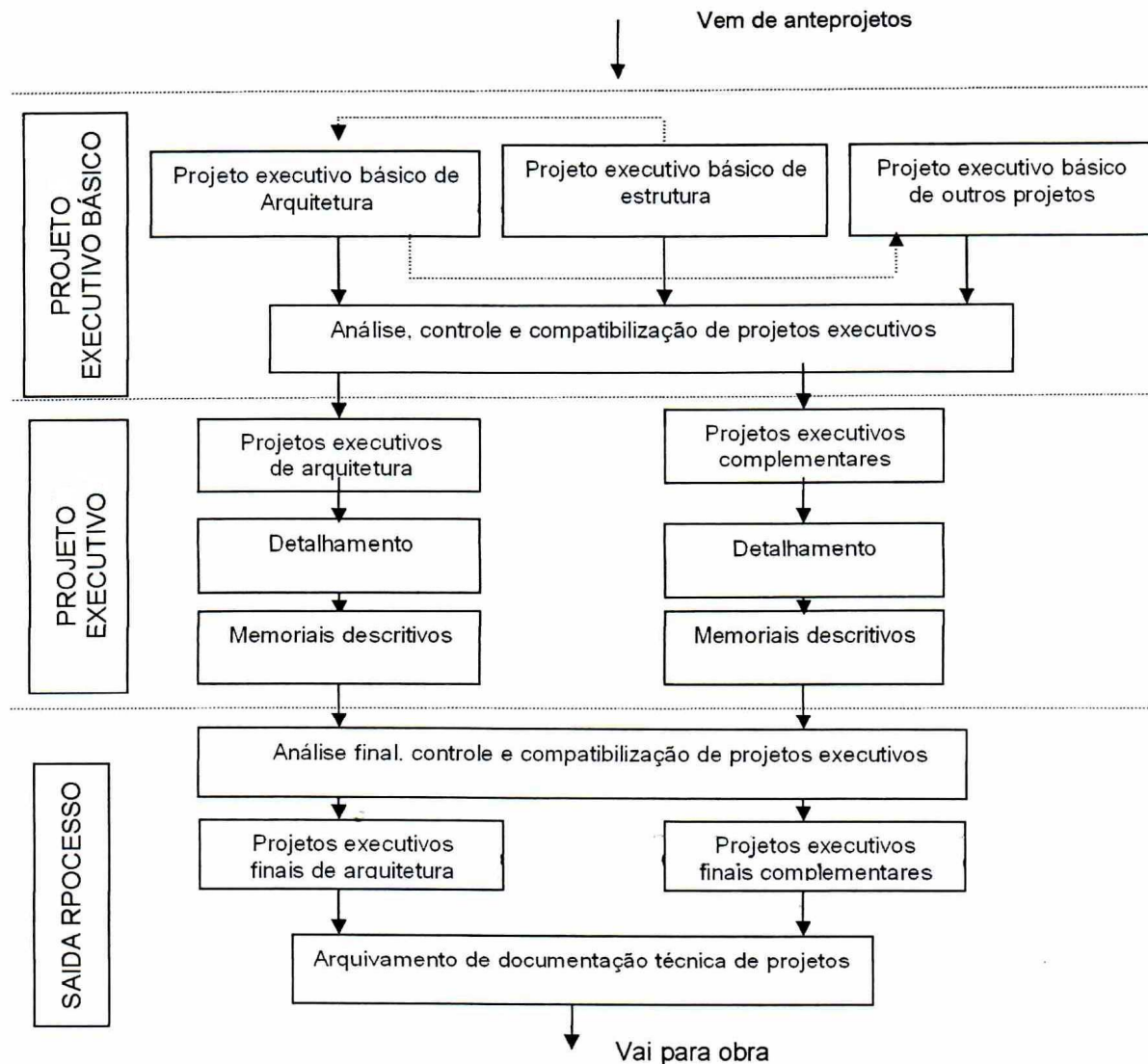
Oliveira (1995) recomenda, em seu estudo sobre gestão total dos processos de alvenaria, que nos projetos executivos devam constar desenhos, detalhes e informações para realização dos serviços. A utilização somente dos projetos arquitetônicos e estruturais pode causar problemas de comunicação na obra, pois estes projetos são carentes de informações necessárias à execução correta, ocasionando decisões sem planejamento prévio. Em muitos casos este tipo de situação leva a problemas relativos tanto à qualidade quanto à produtividade na obra.

Fontenelle e Melhado (2002) identificam o projeto executivo na interface Projeto-Produção e relacionam o mesmo com as soluções técnicas-construtivas do projeto, tais como: normas técnicas, seleção de tecnologias construtivas dos subsistemas e suas interfaces, envolvendo conhecimentos dos projetos e os agentes envolvidos.

Paiva e Soares (2007) e Carvalho (2003) em consonância com Rodriguez e Heineck (2002), apresentam um modelo de processo de projeto de edificações de forma mais detalhado. No que se refere a projeto executivo Rodriguez (2004), a partir deste modelo, destaca que nesta etapa do processo de projeto são feitos os detalhamentos de todos os projetos para execução, compatibilização e análise de construtibilidade. Nestas etapas são elaborados os projetos finais de arquitetura e engenharia, incluindo parte gráfica (desenhos) e escrita (especificações e roteiros de processos construtivos). Para este autor o projeto executivo, durante a construção do empreendimento, deve servir da melhor maneira às atividades de:

- Orçamentação do custo da obra;
- Programação de serviços;
- Execução e controle dos serviços;
- Operação e manutenção; e
- Levantamento de indicadores de projeto e execução.

Rodriguez (2004) apresenta também um fluxograma para a etapa de projetos executivos. Este fluxograma é apresentado na figura 5 seguinte.



Fonte: Rodriguez (2004)

Figura 5 - Fluxograma da etapa de Projeto Executivo

Segundo Rodriguez (2004), o projeto executivo básico consta do detalhamento específico de cada especialidade, incluindo: memoriais descritivos de projeto, materiais e componentes, plantas e detalhes com localização geométrica dos sistemas projetados, suas relações com outros sistemas, indicação de materiais e diretrizes para execução dos serviços. Os projetos compatibilizados ou executivos de arquitetura referem-se aos projetos de arquitetura a serem empregados para execução da obra e os demais projetos dos elementos que venham a facilitar a execução, operação e manutenção da obra.

Para Silva e Novaes (2008), os principais procedimentos necessários para que isso ocorra relacionam-se à consolidação das informações técnicas através da realização de

reuniões da coordenação para avaliar e aprovar a revisão final dos projetos, programar e promover a apresentação dos mesmos para a equipe de produção.

No anexo 1C percebe-se que diversos autores relacionam a importância do projeto executivo com a redução de desperdício e que podem ser identificadas ações gerenciais constantes nesta etapa do processo de projeto como um todo. Há também uma forte relação do projeto executivo com a integração dos diversos projetos de um empreendimento e com a operação dos processos construtivos; com a coordenação e compatibilização dos projetos; com a comunicação entre as diversas equipes, na obra, envolvidas e com a linguagem do projeto através dos elementos gráficos e da comunicação projeto-obra (DUARTE e SALGADO, 2002).

Nas abordagens sobre projeto executivo, foram encontradas citações que se caracterizam como ações gerenciais que reduzem o desperdício, conforme a visão de desperdício considerada nesta pesquisa. A tabela 1C do anexo 1 apresenta as ações relacionadas ao projeto executivo e suas respectivas fontes bibliográficas.

2.2.4 Projeto do Sistema de Produção (PSP) no âmbito da pesquisa

Conforme San Martin e Formoso (1998), o aumento acentuado da competitividade no subsetor edificações nos últimos anos tem forçado as empresas construtoras a gerenciar de modo mais eficiente seus canteiros. Na busca por uma redução de perdas, no seu sentido mais amplo e por um diferencial competitivo na função produção, os autores definiram indicadores de desempenho que medem indiretamente características dos sistemas construtivos tais como:

- A eficiência do desenho dos processos, sendo a melhor aquela que possibilita a conclusão do produto final em menor número de etapas ou serviços;
- A medida da flexibilidade da produção, que identifica a capacidade que os processos possuem de admitir alterações no seqüenciamento das atividades e serviços sem que ocorram prejuízos no desempenho dos níveis de produção;

- O grau de independência de processos (GIP) do sistema construtivo, que trata da análise do diagrama de precedência de processos, da contagem do número de processos e da relação entre eles;
- Grau de habilidade qualitativa da mão de obra exigido pelo sistema construtivo dos serviços e atividades, baseado nas operações de transporte, locação, conformidade, ajustes e acabamento;
- Indicativo de variedade de materiais no sistema de produção que faz uma relação entre o nível de complexidade do gerenciamento e o número de diferentes insumos. Este indicador é proporcional à suscetibilidade do sistema de sofrer perdas por atraso de materiais, por necessidade de estoque e por transporte intermediário.

Segundo Santos e Moccellini (1999), o estudo do projeto de produção faz parte da estrutura do sistema de administração da produção e tem contribuído para a eficiência do processo produtivo na construção civil. Reforçam a idéia de que as empresas melhoraram as habilidades de planejar, organizar, implantar, coordenar e controlar suas atividades administrativas e operacionais. A partir daí fazem uma ligação desta melhoria com o projeto da produção, através das técnicas da engenharia de produção.

O projeto de produção é entendido por Santos e Moccellini (1999) como a etapa onde se descreve como acontece o processo de trabalho, onde são definidas as atividades produtivas, sua sequência tecnológica e sua base técnica, formando assim um sistema de produção.

Ballard *et al* (2001) afirmam que o projeto do sistema de produção (PSP) deve ser a primeira atividade a ser desenvolvida em qualquer empreendimento produtivo, que se estende em toda a organização do mesmo e pensa sobre as operações para a produção desde o projeto de concepção à fabricação final do produto. Para estes autores o PSP deve pensar a produção como um conjunto de fluxos de materiais e informações através de redes específicas e fazer uma ligação com a geração de valor para o cliente. Neste sentido, os autores afirmam que este sistema está diretamente relacionado a três metas de um sistema de produção: o trabalho, a maximização do valor e a minimização do desperdício. Essas metas se apresentam como a universalização do PSP para os produtores, independentemente dos seus objetivos de negócio e estratégias específicas. Outro fator importante é a criação das condições para o controle e para a melhoria contínua do sistema de produção.

De acordo com esses autores, o projeto de produção centra-se essencialmente na estruturação organizacional e na criação de meios que manipulam a divisão do trabalho a ser feito. Desta avaliação propõem a inclusão do sistema de produção apenas como meio de transformação de insumos, em um conceito mais amplo, que reconhece o fluxo e a geração de valor como características da produção.

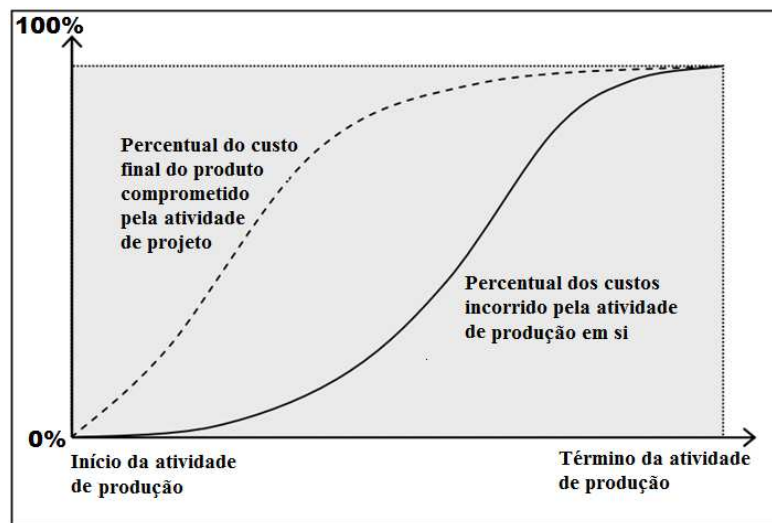
A partir desta visão, propõem, com relação à minimização de desperdícios, ações relacionadas à redução de produtos defeituosos, à elaboração de fluxos de materiais e de informações, e ainda à busca pela geração de mais produtos com menos recursos.

Afirmam ainda que os sistemas de produção devem ser projetados para atingir a satisfação dos clientes, com a geração de valor, e dos produtores, com a maximização do valor e minimização do desperdício. Os produtores, como peças importantes do sistema de produção, devem ter ferramentas apropriadas para atingir estes fins através do desenho do trabalho físico. O eixo de conceituação dos PSP é, segundo esses autores, a estruturação do trabalho onde é projetada a forma de desenvolver a execução dos serviços do empreendimento.

Para contribuir com a formulação do projeto do sistema de produção, Alves *et al* (2006) sugerem a utilização de simulações de PSP a fim de ilustrar como as escolhas deste sistema podem afetar o tempo necessário para a entrega de um produto, gerando maior ou menor desperdício, no caso de tempo. O modelo desenvolvido por esses autores destaca a necessidade e a importância de dados confiáveis na elaboração do PSP, como também a necessidade de mais empenho por parte do setor da construção civil e dos pesquisadores no sentido de unir dados com maior representatividade para projetar o sistema de produção de um empreendimento.

Segundo Schramm *et al* (2006), o projeto do sistema de produção cumpre um objetivo no início de qualquer esforço produtivo. Este objetivo refere-se a discutir e traduzir a estratégia de produção desejada em um conjunto de decisões sobre o sistema de produção, formando uma estrutura que irá gerenciar as diferentes atividades. Para estes autores, as atividades de projeto, de planejamento, de controle e da melhoria são organizadas geralmente de maneira seqüencial e indispensáveis na formulação de um sistema de produção. Verifica-se assim a relação deste sistema com a estratégia de produção, na medida em que estas atividades têm como principal objetivo contribuir para o alcance das metas da empresa.

O projeto do produto tem um efeito importante com relação aos custos de produção. Assim, afirmam que, enquanto os custos do processo de projeto crescem muito lentamente no início das atividades, os custos da produção crescem muito rapidamente. Esta relação é mostrada na figura 6. Desta forma, o projeto tem influência no desempenho do sistema de produção, sendo que estes deveriam ser atividades sobrepostas. Quanto maior esta sobreposição temporal, entre as atividades de projeto do produto e do sistema de produção, maiores serão as oportunidades para a efetiva redução da parcela de atividades que não agregam valor.



Fonte: Adaptado de Slack *et al* (1997) apud Schramm (2006)

Figura 6 - Relação entre a atividade de projeto e os custos de produção

Os mesmos autores ainda afirmam que a estratégia de execução do empreendimento é uma das etapas mais importantes na elaboração do PSP, já que sua definição determina o desempenho do sistema de produção em termos de custo e prazo de execução. Sugerem um escopo para sequência de decisões que compõem um Projeto de Sistema de Produção, entre as quais, para redução de desperdício, se destacam:

- Definição da seqüência de execução e pré-dimensionamento da capacidade dos recursos de produção;

Esta é a primeira parte da elaboração do PSP e tem duas decisões como produto final. A primeira refere-se à definição da seqüência de execução das unidades base do empreendimento. A segunda está relacionada ao pré-dimensionamento da capacidade dos recursos de produção e da capacidade de produção da equipe com

relação à experiência. Essa decisão tem base na experiência da equipe e na capacidade dos recursos de produção. Uma ferramenta que auxilia com destaque nesta segunda decisão é o diagrama de precedência, que representa graficamente a sequência de execução da unidade base escolhida, o que facilita a visualização dos diversos processos do sistema de produção, sua sequência e suas interfaces.

– Estudo dos fluxos de trabalho na unidade-base;

Nesta fase são estabelecidos os fluxos de trabalho das operações que devem ocorrer na unidade base escolhida pelas equipes de trabalho. As operações são distribuídas levando-se em consideração as dimensões de espaço e de tempo, podendo assim verificar as interferências entre as equipes. A forma de representação desta fase fica melhor compreendida na linha de balanço. Nesta forma se podem visualizar melhor as trajetórias, os ritmos de produção, as informações das durações das atividades e datas de início e término de conclusão dos processos, as possíveis interferências entre as equipes e as reduções de tempo de ciclo de produção, as atividades que são executadas em paralelo e o tempo de ciclo da unidade base. Assim, a partir destas capacidades de visualização, torna-se possível avaliar as atividades de forma global com vistas à redução de desperdícios em todo o processo.

– Definição da estratégia de execução do empreendimento;

A definição desta fase determina o desempenho do sistema de produção em termos de custo e de prazo devido à sua ligação com a sequência e com trajetória da produção do empreendimento, ou seja, o percurso que as equipes vão trilhar na execução dos diversos processos. Nesta fase o empreendimento é dividido em várias zonas que podem ser executadas de maneira sequencial. Esta sequência deve ser caracterizada pelo desenvolvimento de atividades em um fluxo contínuo de trabalho e seguir um ritmo determinado anteriormente.

– Estudo dos fluxos de trabalho no empreendimento;

Nesta fase são definidas as quantidades de frentes de trabalho que serão abertas, a partir da estratégia de execução e do estudo de fluxos de trabalhos na unidade base escolhida. Assim é possível visualizar os fluxos de trabalho em todo o

empreendimento e verificar o compartilhamento por parte das equipes de diversos componentes na execução dos serviços. Uma ferramenta importante para esta fase é o diagrama de sincronia, que consiste em um gráfico de Gantt cujas linhas definem os locais de atividades e as colunas os momentos em que as atividades vão ocorrer. Essa ferramenta facilita o estabelecimento de um fluxo contínuo de trabalho nos processos.

– Dimensionamento da capacidade dos recursos de produção;

A partir da linha de balanço é confeccionado um diagrama de sequência das atividades das equipes de trabalho. Com esse diagrama se determina o número de equipes necessárias para executar os processos e sua composição. Em seguida se estabelece o volume de recursos necessários para a produção. Essas informações são representadas em planilhas e histogramas para serem analisados e avaliados para o correto nivelamento dos recursos em função de sua disponibilidade.

– Identificação e projeto de processos críticos.

Esta etapa trata de processos que podem influenciar a capacidade do sistema de produção como um todo. A análise desses processos busca minimizar os efeitos negativos que estes possam acarretar ao sistema de produção. Esses processos são chamados de críticos e denominados de gargalos do sistema de produção. Sua capacidade de processamento pode vir a limitar todo o tempo de ciclo do empreendimento. O estudo do layout do canteiro e a planilha de avaliação de capacidade versus demanda são ferramentas usadas nesta fase.

Schramm *et al* (2006) ainda afirmam que com a elaboração do PSP pode-se contribuir para redução do nível de incertezas do processo traduzido em melhoria do desempenho de execução do empreendimento.

Nas abordagens sobre projeto do sistema de produção, foram encontradas citações que se caracterizam como ações gerenciais que reduzem o desperdício, conforme a visão de desperdício considerada nesta pesquisa. A tabela 1D do anexo 1 apresenta as ações relacionadas ao projeto do sistema de produção e suas respectivas fontes bibliográficas.

2.2.5 Planejamento da produção (Longo, Médio e Curto Prazo)

a) Planejamento no âmbito da pesquisa

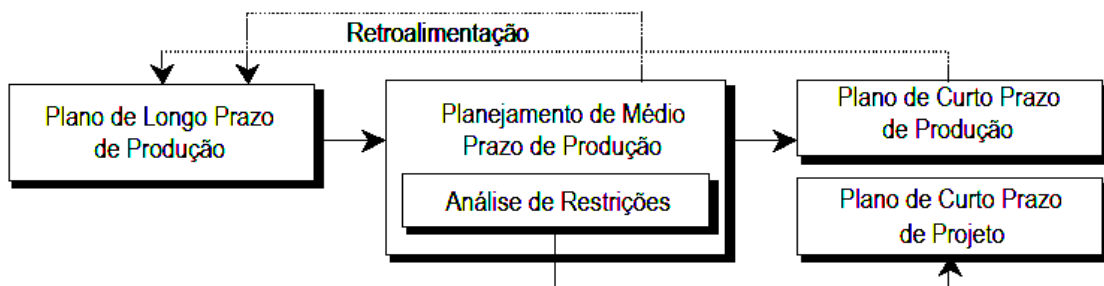
Nesta seção, o planejamento é tratado primeiramente como um todo, mas entendendo que há uma divisão entre níveis de planejamento que é exposto posteriormente. Esta divisão é apresentada pelos autores levando em consideração os prazos em que são projetadas as ações que são implementadas. A nomenclatura de planejamento de longo, médio e curto prazo prevalecerá neste trabalho já que é a que predomina entre os autores citados.

Santos e Moccellini (1999) conceituam o planejamento como uma ferramenta de apoio à decisão na busca de soluções mais eficientes à produção. Este orienta a produção, define e controla os programas a serem desenvolvidos. O planejamento tem caráter dinâmico, trabalha informações e diretrizes que definem políticas de ataque e estratégias no empreendimento de construção civil, implicando diretamente os resultados de execução de serviços com relação à qualidade, à produtividade e à racionalização dos processos construtivos. Corroborando estes autores, Formoso (2001) define o planejamento como um processo gerencial que envolve o estabelecimento de objetivos e a determinação dos procedimentos necessários para atingi-los. Considera que o planejamento será eficaz somente quando associado ao controle da produção.

Santos e Moccellini (1999) ao considerarem o aspecto organizacional, afirmam que a definição e a caracterização dos processos de trabalho é a etapa mais importante do planejamento da produção. Dessa forma, fazem uma forte ligação do Projeto do Sistema de Produção (PSP) com o Planejamento. Rodrigues (2006) concorda com essa ligação quando afirma que o PSP auxilia na elaboração do planejamento de longo prazo mais exequível. A elaboração inicial do planejamento é auxiliada por decisões tomadas no PSP que facilitam a definição do mesmo e possibilitam a redução de restrições, contribuindo para um plano mais confiável, visto que considera aspectos relacionados ao fluxo de produção, à trajetória e à sequência, e antecipa o aparecimento de problemas de projeto. Nesse caso, verifica-se forte interação entre o planejamento e o PSP. Assim, fica claro que as decisões tomadas no PSP são gerenciadas no planejamento, seja de longo, médio ou de curto prazo.

Codinhoto *et al* (2003) se orientam a partir do modelo de planejamento do NORIE/UFRS, que é fundamentado na redução de incertezas com a hierarquização dos planos de longo, médio e curto prazo. Para Akkari (2003) a hierarquização do planejamento em três níveis de decisão é um dos mecanismos básicos para lidar com a incerteza na produção civil.

Na Figura 7 seguinte, Codinhoto *et al* (2003) apresentam as relações entre esses planos de forma simplificada.



Fonte: Codinhoto *et al* (2003)

Figura 7 - Relação entre os níveis de planejamento

Para Paula e Guariente Junior (2003), o modelo de divisão do planejamento tem como principais finalidades fazer do planejamento e controle um processo gerencial, mostrar a transparência no processo, reduzir incertezas no processo de produção, servir de consultas e introdução de melhorias de produção na tomada de decisões, melhorar o gerenciamento do empreendimento e facilitar o controle das operações e a execução das atividades.

Para Machado (2003), a geração de ações no canteiro com ordens de serviços valoriza o plano de produção semanal. Assim, os planos mais baixos de hierarquia do planejamento devem criar continuamente informações sobre restrições removidas ou novas a serem identificadas e eliminadas do sistema. A partir daí pode-se obter um melhor progresso para execução das atividades e das operações programadas.

A importância da remoção das restrições é ressaltada por Akkari (2003) ao afirmar que este procedimento está relacionado com a diminuição das incertezas inerentes ao processo de produção, que libera pacotes de trabalho a serem executados de forma contínua e sua conseqüente inclusão no planejamento de curto prazo.

Condinhoto *et al* (2003) entende que restrições são ações gerenciais, necessidades físicas, financeiras ou informações de projeto, que, se não estiverem disponíveis no momento de sua programação, impedem a execução dos pacotes de trabalho subsequentes às mesmas. Desta forma, é necessário identificar estas atividades e remover as causas dos seus impedimentos ou removê-las do sistema até uma data limite para que não gerem desperdício com a quebra do fluxo das atividades programadas.

Nas abordagens sobre planejamento da produção, foram encontradas citações que se caracterizam como ações gerenciais que reduzem o desperdício, conforme a visão de desperdício considerada nesta pesquisa. As tabelas 1E, 1F e 1G do anexo 1 apresenta as ações relacionadas ao planejamentos de longo, médio e curto prazo e suas respectivas fontes bibliográficas..

2.2.6 Controle da Produção no âmbito da pesquisa

A seção trata da forma como os autores discutem o controle da produção de maneira que suas ações impliquem na redução de desperdício na construção civil.

Diversos autores (OLIVEIRA e FARIAS FILHO, 1998; ALVES, 2000; FORMOSO, 2001, MARCHESAN, 2001; TZORTZOPOULUS, 2001; BERNARDES E FORMOSO, 2002; PAULA E GUARIENTE JUNIOR, 2003; CODINHOTO *et al*, 2003; AKKARI, 2003; SOARES, 2003 e BERNARDES, 2003) consideram que o controle está intrinsecamente interligado ao planejamento. Tratam a ambos de forma associada, ou seja, planejamento e controle da produção (PCP) fazendo parte de todo o sistema de administração da produção de qualquer empreendimento.

Marchesan (2001), em seu trabalho sobre gestão de custos e controle para produção civil, emprega o termo planejamento como sinônimo de planejamento e controle. Afirma que o controle é parte inerente e essencial do processo de planejamento.

Codinhoto *et al* (2003) afirmam que o uso de indicadores proporciona informações necessárias para o controle do planejamento e fortalece o sistema de avaliação da produção no sentido de melhoria da qualidade das informações no suporte à tomada de decisões.

Bernardes e Formoso (2002) e Bernardes (2003) afirmam que a avaliação do sistema de planejamento e controle da produção pode indicar a eficácia do sistema. Indicam um conjunto de práticas para facilitar a avaliação do planejamento e controle da produção: padronização do processo de cálculo do PPC (Percentual de Pacotes Completos); hierarquização do planejamento; análise de avaliação qualitativa dos processos; análise dos fluxos físicos; análise das restrições; utilização de dispositivos visuais; formalização do planejamento de curto prazo; especificação detalhada das tarefas; programação de tarefas reservas; tomada de decisão participativa; utilização de sistemas de indicadores de desempenho; realização de ações corretivas a partir das causas dos problemas e realização de reuniões para difusão de informações.

Estes autores sustentam que uma das causas para ocorrência de perdas na construção pode ser a falta de planejamento. Apontam como forma de minimizar a incidência de perdas a implantação de inovações gerenciais a partir da filosofia da construção enxuta idealizada por Koskela (1992). As ações que estes autores definem têm por base as decisões tomadas durante o desenvolvimento do planejamento e controle da produção e contribuem para a redução de atividades que não agregam valor ao sistema produtivo.

Nas abordagens sobre controle da produção, foram encontradas citações que se caracterizam como ações gerenciais que reduzem o desperdício, conforme a visão de desperdício considerada nesta pesquisa. A tabela 1H do anexo 1 apresenta as ações relacionadas ao controle da produção e suas respectivas fontes bibliográficas.

2.3 Ferramentas utilizadas na pesquisa

2.3.1 Constructos e variáveis

a) Conceito de Constructos

Para entender o conceito de constructo e sua formação foi necessário recorrer às publicações e trabalhos de pesquisa na área de administração e de ciências contábeis. Devido ao fato de a definição e o conceito não serem diretamente encontrados, buscou-se o entendimento e a compreensão de sua utilização em diversos estudos que são citados no desenvolvimento deste texto.

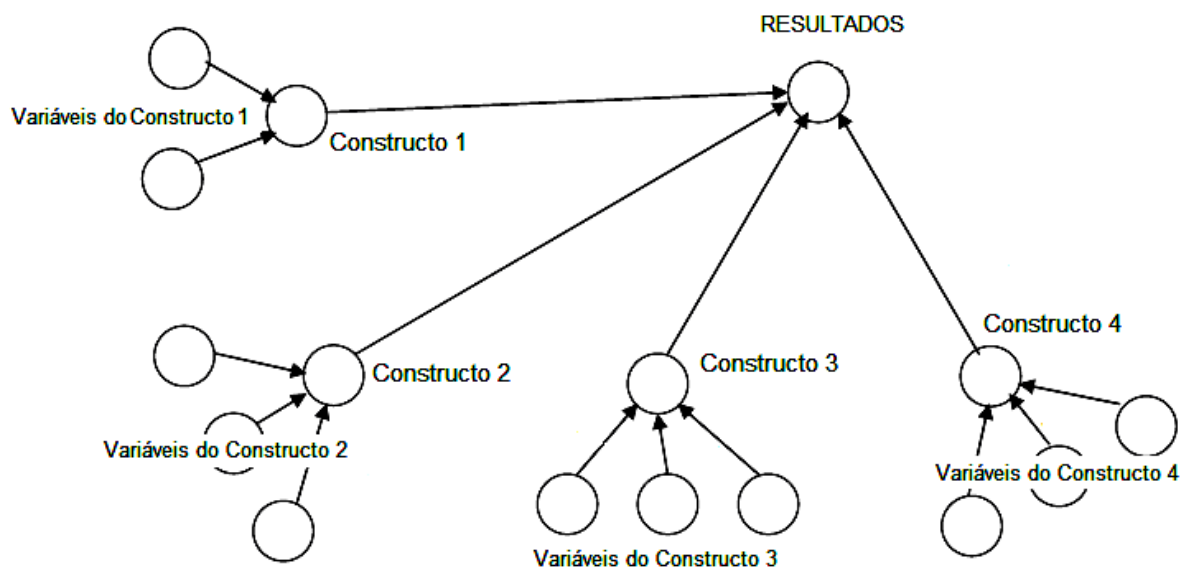
Martins e Pelissaro (2005) afirmam que, para explorar empiricamente um conceito teórico, o pesquisador precisa traduzir o significado do conceito em uma relação com o mundo real. Para se basear em variáveis ou fenômenos observáveis e mensuráveis, ou seja, elaborar um constructo e operacionalizá-lo, é necessário identificar os termos com as quais se relacionam. Constructo possui um significado construído intencionalmente a partir de um determinado termo teórico, devendo ser definido de tal forma que permita ser delimitado, traduzido em proposições particulares que sejam observáveis e mensuráveis.

Constructos podem ser entendidos como operacionalizações de abstrações que os cientistas sociais consideram nas suas teorias, tais como: produtividade, valor de uma empresa, status social, custo social, inteligência, plantas de detalhes e risco, entre outros. Frequentemente, deve-se não só estar aptos a observar os constructos, mas também a medi-los (SELITZ *et al.* 1987 apud MARTINS E PELISSARO, 2005). Um constructo é um termo ou variável relacionado a um conjunto de termos, de conceitos e de variáveis, isto é, uma definição operacional que busca representar empiricamente um conceito dentro de um quadro teórico específico. Como se pode depreender, um constructo poderá ser um embrião de um modelo (MARTINS E PELISSARO, 2005).

Netemeyer *et al* (2003) ressaltam que a definição clara de um constructo é um primeiro passo essencial que muitos consideram a etapa mais difícil do processo de dimensionamento das variáveis. Na definição dos constructos, o cuidado deve ser tomado com o que está incluído no seu conteúdo que definirá as variáveis relacionadas.

Para Nascimento *et al* (2007), constructos são extremamente úteis para ajudar os pesquisadores a compilar uma série de dados complexos formados por muitas variáveis. A sua importância e utilidade aumentam conforme o número de variáveis que estão sendo medidas. A escolha da análise com a utilização de constructos tem a intenção de contemplar o objetivo da pesquisa, que passa pela validação dos constructos estabelecidos. Para este autor, os procedimentos metodológicos devem ser desenvolvidos com um instrumento de coleta de dados, em forma de questionário, estruturado em partes distintas, composto de constructos e suas variáveis relacionadas (CARDOSO e BATISTA, 2008).

As relações entre as variáveis podem ser representadas graficamente, segundo Cardoso e Batista (2008), de forma a permitir a visualização dos relacionamentos derivados, permitindo a descrição das relações de causa e efeito identificados nas variáveis. Na figura 8, na página seguinte, a relação entre variáveis é representada graficamente a partir da teoria.



Fonte: Adaptado de Kubota (2008)

Figura 8 – Esquema de aplicação de constructos

Para Bomtempo *et al* (2007), quando os constructos não podem ser medidos diretamente é recomendado serem medidos através de indicadores dentro de um rol de alternativas consolidadas na bibliografia pesquisada. Este autor afirma que para permitir o tratamento estatístico, o instrumento de levantamento de dados (questionário) deve ser validado e ajustado com a aplicação do pré-teste. O resultado dos indicadores do pré-teste

deve ser mensurado através de simulações onde há uma manifestação do grau de importância dentro da escala definida para a pesquisa.

Cooper e Schindler (2002) definem constructo a partir da sua utilização em pesquisas de ciências sociais como uma imagem ou idéia inventada especificamente para uma pesquisa determinada. Um constructo é concebido ao combinar os conceitos mais simples, especificamente quando a idéia do que se pretende transmitir não é diretamente observável.

Kubota *et al* (2008) concordam com Bomtempo *et al* (2007) ao afirmarem que para a construção do questionário deve-se ter como base os subsídios oriundos do referencial teórico e o uso de um pré-teste de avaliação do conteúdo. O questionário final é composto de itens associados aos constructos utilizados na pesquisa. Estes itens são medidos a partir de uma escala a ser definida, levando-se em consideração a melhor e a pior situação para cada item ou variável. Os itens do questionário correspondem a proposições, para as quais o respondente indica seu grau de concordância ou importância, dentro de um determinado procedimento. Segundo esses autores, após o questionário ser devidamente pré-testado, devem ser efetuados ajustes metodológicos considerados relevantes. Deve ainda ser verificado junto a pelo menos três professores doutores da área da pesquisa. Após a avaliação de consistência, o arquivo de dados deve ser processado em *software*, para sua análise e confiabilidade.

Bomtempo *et al* (2007) ainda afirma que os dados devem ser preparados a partir de uma leitura das respostas dos questionários respondidos. As informações solicitadas não respondidas devem ser tratadas como perdidas, também chamadas de “*missing data*” (perdidos) e em seguida adotam-se os critérios de eliminação (*listwise*), segundo os quais todos os casos com significativas observações faltantes são desconsiderados. A partir daí é feita a matriz de entrada de dados, considerando todas as variáveis para construção do instrumento de coleta. Os critérios de análise, avaliação e ajustes dos constructos devem contemplar a validação dos mesmos. Essa validação é realizada através de sucessivos ajustes, os quais devem ser verificados com base em recomendações e complementados por informações geradas pelas modificações sugeridas.

b) Validação das variáveis

Sobre a validação dos constructos, Netemeyer *et al* (2003) afirmam que este procedimento refere-se à forma como uma medida de fato sustenta o constructo que se pretende utilizar. A validade de um construto é o objetivo final no desenvolvimento de uma ferramenta de avaliação e abrange todos os pontos necessários para provar a sua eficácia. a validade de construto refere-se ao grau de correspondência entre os constructos e as medidas de suas variáveis, a qual é uma condição necessária para o desenvolvimento da teoria e dos testes de validação (JARVIS *et al*, 2003).

A formação dos constructos da pesquisa se deu com a efetivação de um pré-teste junto a estudantes do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da UFC e validação junto a professores da área de construção civil. A metodologia utilizada está descrita no capítulo específico seguinte.

2.3.2 DEA - Análise Envoltória de Dados

A Análise Envoltória de Dados representada por DEA (*Data Envelopment Analysis*) é a ferramenta de análise dos dados coletados na presente pesquisa. Esta ferramenta é mundialmente utilizada em diversas pesquisas, nas mais abrangentes atividades, como foi constatado por Lin & Okudan (2009) ao verificarem que esta ferramenta caiu dentro dos domínios atividades de investigação. É o que mostra a tabela 1, seguinte.

Tabela 1 - As 20 revistas que publicaram o maior número de trabalhos DEA.

Journal	No. of papers	% of papers
EJOR: European Journal of Operational Research	373	23.
JPA: Journal of Productivity Analysis	242	14.
JORS: Journal of the Operational Research Society	164	10.
Applied Economics	86	5.3
Annals of Operations Research	83	5.1
Management Science	83	5.1
OMEGA	73	4.5
Applied Mathematics and Computation	63	3.9
Socio-Economic Planning Sciences	63	3.9
International Journal of Production Economics	58	3.6
Computer and Operations Research	48	3.0
International Journal of Systems Science	41	2.5
Journal of Econometrics	37	2.3
Applied Economics Letters	35	2.2
Journal of Banking and Finance	35	2.2
Health Care Management Science	29	1.8
Journal of Medical Systems	29	1.8
Journal of Operations Research Society of Japan	28	1.7
System Engineering Theory and Practice	26	1.6
Review of Economics and Statistics	25	1.5
Total	1621	100.

Fonte: Lin e Okudan (2009)

A DEA indica eficiência relativa de unidades de tomadas de decisões, também chamadas de DMUs. As DMUs originalmente conhecidas como *Decision Making Units* desenvolvem as mesmas atividades com mesmas características. Podem ser cada unidades de um conjunto de escolas, hospitais ou postos de saúde, agencias bancárias e rede de lojas. No caso desta pesquisa, as DMUs são obras de construção imobiliária, constituídas de unidades residenciais sejam horizontais (condomínios de casas) ou verticais (Edifícios de apartamentos).

Anteriormente à revisão sobre DEA é feita uma abordagem sobre eficiência para melhor compreensão da finalidade do uso desta ferramenta nas atividades relacionadas às DMUs.

a) Conceito de eficiência

Para Cesconetto *et al* (2008) a eficiência relaciona-se com a maneira hábil de uma organização produtiva evitar desperdícios, gerando tantos produtos quanto os insumos utilizados permitem e o consumo das menores quantidades de insumos necessárias para a produção. Estes autores afirmam que a eficiência é a base para os estudos sobre desempenho produtivo. Nesse caso é possível dar suporte para o estabelecimento de estratégias gerenciais voltadas para o alcance do melhor desempenho produtivo das organizações. Assim, obter melhores planos de operações executáveis e possíveis em termos de produtividade.

Cooper *et al* (2004) e Zhu (2003) afirmam que a eficiência máxima pode ser atingida por qualquer DMU se, e somente se, nenhum dos seus insumos ou produto pode ser melhorado sem agravamento de nenhum outro insumo ou produto. Já a eficiência relativa é máxima dependendo do desempenho de outras DMUs. A eficiência relativa estabelecida para DEA está em conformidade com a definição descrita acima.

Brotti e Lapa (2007) afirmam que o conceito de racionalidade econômica está relacionado ao de eficiência, quando se procura ser eficiente também se buscam os meios e procedimentos adequados para atingir metas e resultados. Segundo Sander (1995) apud Brotti e Lapa (2007) o valor supremo da eficiência é a produtividade. Uma unidade de produção é eficiente quando produz o máximo com o mínimo de desperdício, de custo e de esforço, ou seja, na sua atuação apresenta uma elevada relação entre produto e insumo.

b) Análise Envoltória de Dados ou *Data Envelopment Analysis* (DEA)

b.1) Definição da DEA

A DEA foi desenvolvida por Charnes *et al* (1978) para avaliar a eficiência relativa das unidades de tomada de decisão (DMU) e fornecem uma medida para avaliar a eficiência. Essa ferramenta identifica DMUs que estão empenhadas no exercício de funções similares, usando um conjunto de insumos (entradas ou inputs) para produzir um conjunto de produtos

(saídas ou outputs). Ambas as entradas e as saídas podem conter fatores quantitativos, bem como qualitativos.

Para Jonsson (1996), a DEA define uma fronteira que serve como referência para medir a eficiência relativa das DMUs envolvidas em um estudo, a qual é formada pelas DMUs eficientes. A localização da fronteira em relação a cada unidade observada é construída como uma unidade de referência artificial. É nesta fronteira que estão as DMUs com as melhores práticas gerenciais em relação ao grupo estudado (COOPER *et al*, 2004).

A DEA, segundo Zhu (2003), representa uma das mais adequadas ferramentas para avaliar a eficiência, em comparação com ferramentas convencionais. Os resultados de DEA são mais detalhados do que os obtidos em outras abordagens, servindo melhor ao embasamento de recomendações de natureza gerencial. Este autor destaca algumas características da DEA, entre as quais:

- Examina a possibilidade de diferentes combinações de inputs (insumos) e outputs (produtos), mas igualmente eficientes;
- Localiza a fronteira eficiente dentro de um grupo incluído nas unidades do estudo.

A aplicação do DEA, segundo Dyson *et al* (2001), apresenta um conjunto de questões relacionadas á homogeneidade das unidades em avaliação, tais como a razão entre as entradas e saídas usadas, a medição dessas variáveis e os pesos atribuídos a elas na análise. Para estes autores a DEA faz uma série de suposições sobre a homogeneidade das unidades em avaliação. Em geral, as unidades devem ser entendidas como similares em várias formas. Em primeiro lugar, as unidades são assumidas como empresas de atividades similares na produção de produtos ou serviços análogos, para um conjunto comum de produtos serem definidos.

Quanto à utilização da DEA, Didonet *et al* (2006) consideram duas situações: (1) se nenhuma outra DMU pode produzir um nível mais elevado de saídas com a mesma quantidade de entrada, (2) se nenhuma outra DMU é capaz de usar um nível menor de insumos para produzir a mesma quantidade de saídas. O primeiro caso é dito que a orientação é para as saídas ou outputs e no segundo que a orientação é para as entradas ou inputs. O tipo de análise a ser selecionado depende das condições operacionais do setor a ser analisado, e o investigador é obrigado a justificá-la adequadamente e, em seguida, sintetizar as vantagens e desvantagens da seleção.

Brotti e Lapa (2007) afirmam que além das aplicações tradicionais envolvendo medidas de eficiência relativa, a DEA tem sido usada para análise de situações gerais de decisões que envolvem critérios múltiplos. A DEA pode ser utilizada para comparar um grupo de empresas ou unidades de negócio a fim de identificar as eficientes e as ineficientes. Em termos relativos, mede a magnitude das ineficiências e descobre formas para melhorar seu resultado ao fazer comparação destas com as eficientes. Esse procedimento é conhecido como *benchmarking* (JONSSON, 1996; MACEDO *et al*, 2007).

Na opinião desses autores, a resposta mais importante desta metodologia é a caracterização de uma medida de eficiência, que faz com que a decisão fique orientada por um único indicador construído a partir de várias abordagens de desempenho diferentes. Vale ressaltar que isso facilita em muito o processo decisório, pois ao invés de considerar vários índices para concluir a respeito do desempenho da empresa ou da unidade sob análise, o gestor se utiliza apenas da medida de eficiência da DEA. Essas informações servem para guiar as decisões das empresas ineficientes na busca pela melhoria contínua.

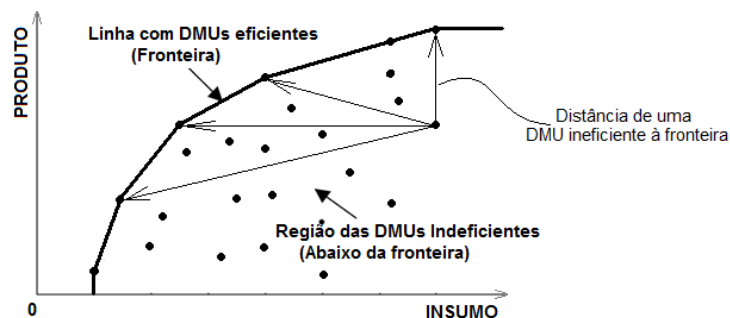
Os mesmos autores consideram que na aplicação do modelo DEA deve-se atentar para quais variáveis serão consideradas entradas e quais serão saídas. Isso porque muitas vezes uma variável representa algo que é produzido, mas cuja quantidade deve ser minimizada (por exemplo, acidentes, poluição). Nesses casos, a variável será, na realidade, tratada como uma saída. É importante considerar o critério de selecionar variáveis que ofereçam uma perspectiva de eficiência, de maneira que os resultados da análise possam ser utilizados para orientar o processo decisório e para que a modelagem DEA possa gerar informações significativas. É também necessário considerar a totalidade das variáveis relevantes para o desempenho das unidades em análise, sob pena de não se conseguir observar as reais fontes de ineficiência existentes na transformação de insumos em produtos. Logo, a medida de eficiência depende da quantidade e da qualidade dos insumos e produtos considerados na análise.

Observa-se que, conforme Zhu (2003), a análise envoltória de dados padrão (DEA) é um método que requer que os valores para todas as entradas e saídas sejam conhecido exatamente. Quando algumas saídas e entradas são variáveis de decisão desconhecidas, tais como dados limitados ou ordinais, o modelo DEA se torna um problema de programação não-linear e é chamado de DEA impreciso (IDEA). Para esse autor há duas diferentes abordagens para lidar com as saídas e entradas imprecisas. Uma usa transformações

para converter o modelo não linear em um programa linear. O outro converte dados imprecisos ou ordinais em dados exatos e usa o modelo padrão linear DEA.

b.2) Fronteira da Eficiência

Para Dalmas (2005), Chaves (2007) e Lin & Okudan (2009), de algum modo, sobre a superfície de referência ou envoltória que é formada pelas DMUs eficientes, a relação produtos/insumos deve ser a maior possível dentre aquelas observadas nas várias instituições. Logo o grau de ineficiência de uma DMU qualquer pode ser avaliado como a distância do seu vetor insumo/produto para a envoltória, como é mostrada na figura 9 abaixo. Esse autor afirma que na fronteira de eficiência onde estão localizadas as unidades eficientes e na região inferior à linha desta fronteira estão localizadas as relações produto/insumo das unidades menos eficientes ou ineficientes.



Fonte: Adaptado de Jonsson (1996), Kassai (2002) e Sueyoshi (2009)

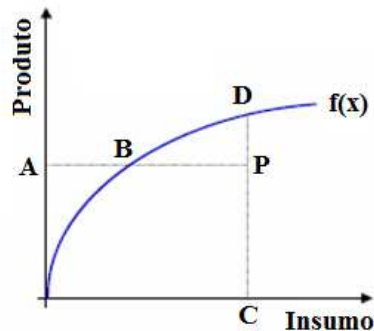
Figura 9 – Fronteira de eficiência e localização de DMUs

Chaves (2007) afirma que a DEA apresenta como resultado básico a identificação de um conjunto de unidades eficientes, que determina a fronteira de eficiência. Uma medida de ineficiência para cada unidade abaixo da fronteira é representada pela distância à fronteira mostrada na figura 9 anterior, identifica a potencialidade de crescimento da produtividade e define a classificação dessa região de eficiência. Assim uma DMU ineficiente pode melhorar seu desempenho de maneira que busque se localizar na fronteira.

Lopes *et al* (2008) concordam com Chaves (2007) ao afirmarem que a análise de desempenho com o uso da DEA consiste em fazer sua medida para determinar a eficiência

relativa de uma unidade produtiva, considerando a sua proximidade a uma fronteira de eficiência.

A figura 10 explica melhor, de maneira simplificada, como uma DMU ineficiente pode se tornar eficiente.



Fonte: Soteriou e Stavrinides (2000), Mello (2005) e Chaves (2007).

Figura 10 – Alcance da fronteira de eficiência.

A partir da posição da DMU P em relação à curva $f(x)$, que é a fronteira de eficiência, é indicado o nível de ineficiência da mesma. Esta DMU pode se tornar eficiente ao permanecer com o mesmo nível de insumos C e conseguir aumentar sua produção para o mesmo nível da DMU D, ou manter o nível de produção A e reduzir a quantidade de insumos utilizados para o mesmo da DMU B. No caso há dois caminhos a seguir para que a DMU P venha a se tornar eficiente, esses caminhos são resultados das ações implementadas por esta DMU.

Salienta-se que a figura 10 mostra a relação de uma entrada (insumo) para uma saída (produto). Desta forma se torna mais didático para compreender a fronteira de eficiência. É possível a fronteira ser mostrada até uma relação de 2 para 1 variável, ou de 1 para 2. No entanto com maior quantidade de insumos e produtos não é possível a fronteira ser mostrada em gráfico, sendo resultado baseado nos resultados de análise da DEA, como é o caso da pesquisa.

b.3) Funcionamento da DEA

Como foi visto anteriormente, a DEA é um modelo de análise de produtividade para a medição da eficiência relativa de um conjunto homogêneo de unidades de tomada de decisão (DMU). A abordagem a seguir procura fazer a compreensão do funcionamento da aplicação da DEA e sua lógica de análise.

Macedo e Silva (2004) reforçam que a idéia básica é a comparação de saídas e entradas, produtos e insumos, ou ainda *outputs* e *inputs*. A eficiência necessita utilizar uma combinação adequada de entradas e saídas de maneira que não ocorra nenhum desperdício. Talluri *et al* (2000) e Eilat *et al* (2006) corroboram com estes autores e afirmam que a medida elementar de eficiência na presença de múltiplos pontos e fatores de produção pode ser definida como a relação entre a soma ponderada das saídas e a soma ponderada dos insumos.

Rutkowski *et al* (2001) concordam com Talluri *et al* (2000) ao afirmarem que a medida de eficiência utilizada no método leva em conta o quociente do conjunto de dados padronizados pelas variáveis fornecidos pelas empresas. Na relação apresentada por Talluri *et al* (2000) e Sarkis (2000) cada saída e cada entrada são multiplicadas pelo seu respectivo fator ou peso e a determinação destes pesos será tal que o resultado do quociente seja máximo.

Para estes autores, em um caso simples onde o processo ou unidade possui uma única entrada e uma única saída, a eficiência é definida pelo quociente Saída/ Entrada. Jonsson (1996) afirma que essa relação também pode ser chamada de produtividade. Comumente os processos envolvem um conjunto de saídas e entradas que geram um conjunto de pesos para as entradas e para as saídas. Nesse caso ocorre a combinação dos pesos dos inputs (insumo) e outputs (produto), que são combinações lineares, através de um problema de programação linear. A maximização da eficiência das DMUs é obtida pela melhor combinação desses pesos (DALMAS, 2005). Assim a eficiência é definida pela equação (1):

$$\text{Eficiência} = \frac{\sum \text{peso} \times \text{saída}}{\sum \text{peso} \times \text{entrada}} \quad (1)$$

Dalmas (2005) admite que as empresas sempre busquem alcançar os melhores resultados. Assim os pesos de uma dada unidade (empresa) podem ser obtidos com a maximização deste quociente de eficiência, mostrado na equação (1) (DALMAS, 2005, SARKIS, 2000). Para que se possa comparar a eficiência de diferentes empresas é necessário relativizar estas variáveis impondo como valor máximo a unidade e valor mínimo zero. É importante salientar que os resultados obtidos pela aplicação do DEA são índices de eficiência relativa e que o modelo tem a função de determinar os pesos das variáveis de entrada e saída.

Para melhor compreender o funcionamento da DEA, Eilat *et al* (2006) explicam que o modelo de escolha do conjunto de pesos para cada DMU que atinge o maior índice de eficiência garante que as ponderações não possam fazer com que qualquer DMU possa ter uma avaliação de eficiência maior que a unidade. Isto significa que se a DMU avaliada não obtiver a pontuação máxima de eficiência (100%) seus pares de entrada e saída podem ser mais produtivos, mesmo quando todos os pesos são ajustados para maximizar sua eficiência.

Para Eilat *et al* (2006) a análise por DEA permite identificar valores ideais (alvos) para as entradas e/ou saídas das DMUs ineficientes, sugerindo melhorias para a sua eficiência, sendo que para DMUs eficientes nenhuma melhora adicional pode ser indicada. Ao comparar uma DMU ineficiente com as demais DMUs, aponta indicações para melhoria de seu desempenho. Essa informação gerencial é muito importante para conduzir a estratégia da empresa, desde os aspectos que precisam de mais atenção até uma análise detalhada das práticas utilizadas para mostrar como as empresas podem melhorar a sua atividade.

b.4) Modelos da DEA

Neste item são descritos os modelos da DEA, que têm como particularidade o tipo de retorno de escala (BANKER *et al*, 2004) aplicável a grupos de DMUs. A seleção do modelo a ser utilizado dependerá da natureza de cada grupo e da ótica do pesquisador com relação à finalidade do trabalho.

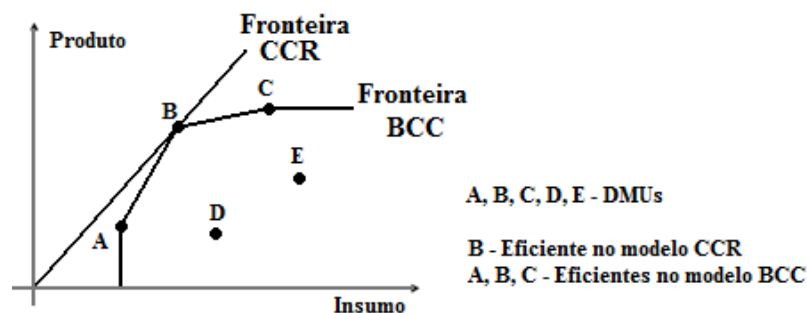
Existem dois modelos básicos que são chamados de clássicos da DEA.

O primeiro modelo foi proposto por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) e chamado de CCR (iniciais dos nomes dos autores), também conhecido como CRS (*Constant Returns to*

Scale). Este avalia a eficiência total, identifica as DMUs eficientes e ineficientes, e determina a distância da fronteira de eficiência onde estão as unidades ineficientes. Esse modelo aplica tecnologias que consideram retornos de escala constantes, onde existe proporcionalidade entre uma variação de *input* e de *output*.

O segundo modelo foi proposto por Banker, Charnes e Cooper (1984) apud Calvo e Lapa (2008) e conhecido como BCC (iniciais dos nomes dos autores), também conhecido como VRS (*Variable Returns to Scale*). Este modelo utiliza uma formulação que permite a projeção de cada DMU ineficiente sobre a superfície de fronteira (envoltória) determinada pelas DMUs eficientes de tamanho compatível e considera retornos variáveis de escala. Não assume, portanto a proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*. Neste modelo, para uma maior variação de input ocorre uma variação decrescente de output, formando uma curva que é chamada de envoltória.

Para Lin & Okudan (2009) o modelo CCR constrói a fronteira com a escala da DMU mais produtiva. Cada DMU compara seu desempenho com essa DMU, que recebe o nome de eficiência absoluta. Assim, o modelo CCR fornece uma visão global de todas as DMUs com um padrão consistente de comparação. Diferente do CCR, o modelo BCC tem sua fronteira gerada pela casca convexa das DMUs eficientes (COOPER *et al*, 2000). Em comparação com o modelo CCR, uma DMU pode obter melhores resultados de eficiência no modelo BCC, devido à fronteira mais conservadora. Para se distinguir da eficiência CCR, a eficiência BCC é geralmente considerada como a eficiência técnica. A figura 11, a seguir, mostra o comportamento e a diferenciação entre as duas fronteiras CCR e BCC.



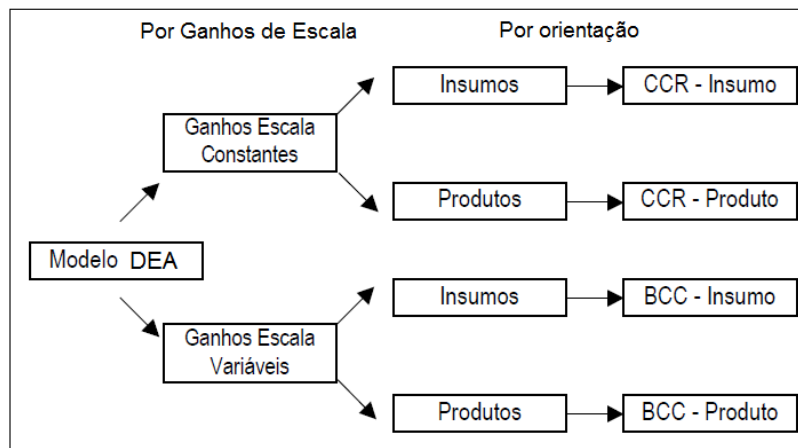
Fonte: Adaptado de Jonsson (1996) e Mello *et al* (2005)

Figura 11 – Representação das fronteiras CCR e BCC.

A figura 10, que foi mostrada anteriormente, mostra como uma DMU ineficiente pode se tornar eficiente. Isso ocorre com aplicação de medidas gerenciais em uma unidade

ineficiente, provocando uma mudança da sua produtividade. Esses procedimentos podem ocorrer nos dois modelos CCR e BCC. Conforme Jonsson (1996) e Rutkowski *et al* (2001) é desta forma que a DEA se apresenta como fonte de *benchmarks* para as DMUs ineficientes.

Rutkowski *et al* (2001) e Braz (2005) afirmam que esses *benchmarks* são fornecidos pela DEA através da projeção destas unidades na fronteira de eficiência. A maneira como é feita a projeção determina a classificação da DEA (CCR ou BCC) em orientação por entrada (insumo ou *input*) ou por saída (produto ou *output*). A orientação por entrada ocorre com a minimização dos recursos, mantendo constantes os valores dos produtos e a orientação de saída quando se deseja maximizar os produtos sem haver mudança nos insumos. A figura 12, a seguir, mostra a classificação por retorno de escala (CCR e BCC) e por orientação, resultando quatro formas de aplicação da DEA.



Fonte: Adaptado de Charnes, Cooper e Lewin (1997) apud Kassai (2002)

Figura 12 – Modelos DEA e classificação por ganhos (retorno) de escala e por orientação

b.5) Metodologia de Aplicação da DEA

Lins e Meza (2000) apud Macedo e Silva (2004) apresentam uma metodologia de implementação da DEA que, segundo eles, é utilizada largamente de maneira formal e intuitiva. Nessa metodologia são estabelecidas três fases.

– Primeira fase

Visa a determinar o conjunto de DMUs homogêneas a serem avaliadas, ou seja, define e seleciona DMUs que entrarão na análise. Cabe salientar, de acordo com

os autores, que, uma vez definidas as DMUs, estas devem ser no mínimo o dobro do número de variáveis utilizadas no modelo. Esta é uma preocupação que irá melhorar a capacidade do modelo de discriminar unidades eficientes e não eficientes.

– Segunda fase

Foca selecionar as variáveis de entrada e saída (*input* e *output*), considerando a princípio uma grande lista de possíveis variáveis a entrar no modelo. Estas variáveis podem ser controláveis ou não, quantitativas ou qualitativas. Macedo e Silva (2004) dizem que a utilização de um grande número de variáveis reduz a capacidade do DEA de distinguir as DMUs eficientes das ineficientes e, portanto, o modelo deve ser o mais compacto possível para maximizar o poder discriminatório do DEA.

– Terceira fase

Refere-se à aplicação dos modelos DEA. De acordo com Macedo e Silva (2004) esta fase pressupõe, necessariamente, a escolha do modelo, que envolve a decisão da forma de análise dos resultados em termos de retornos de escala (constantes ou variáveis).

Um método mais recente para aplicação da DEA é proposto por Lin e Okudan (2009). Este método consiste em cinco etapas, que são brevemente explicadas abaixo.

– Etapa 1 - Coleta de dados

Para cada componente, todas as informações relativas às potenciais variáveis devem ser coletadas e registradas.

– Etapa 2 - Identificação das variáveis

A principal questão a responder nesta fase é: Quais são as principais variáveis que poderiam afetar diretamente a decisão? É importante verificar que o conjunto de variáveis deve ser limitado no tamanho, e apenas os principais fatores para decisão devem ser incluídos no conjunto.

– Etapa 3 – Seleção do Modelo

De acordo com a propriedade das variáveis e do efeito da decisão, é feita a seleção do mais adequado modelo DEA para aplicação.

As etapas 2 e 3 do método devem ser tratadas com muito cuidado devido ao fato de as propriedades das variáveis terem forte influência sobre o modelo a ser utilizado.

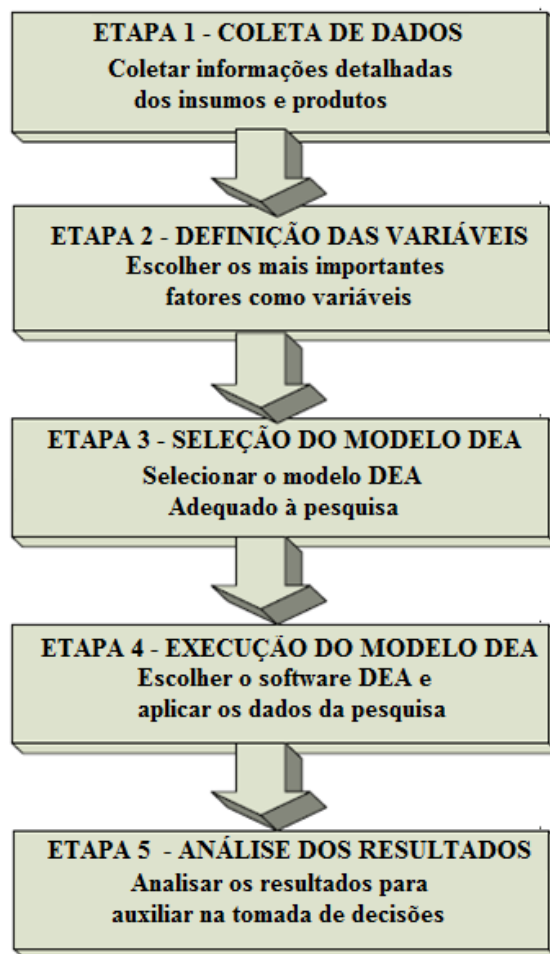
– Etapa 4 – Execução do modelo DEA

Existem vários pacotes de software para os cálculos da DEA. Além disso, um *software* genérico pode ser programado para completar os cálculos, como o *Excel SOLVER*.

– Etapa 5 – Análise dos resultados

Durante a análise dos resultados, atenção especial deve ser dirigida ao significado dos parâmetros do modelo para obter o resultado mais adequado.

O fluxo geral do processo de decisão está representado na Figura 13 seguinte.



Fonte: Adaptado de Lin e Okundan, 2009

Figura 13 – O processo de decisão utilizado pela DEA

b.6) Implementação computacional da DEA

Alguns sistemas computacionais foram desenvolvidos para solucionar o problema de programação matemática originado da DEA. Destacam-se, a seguir, dois sistemas que serão abordados de maneira resumida para uma compreensão elementar de seu processamento.

– Excel[®] - Solver[®]

Segundo Kassai (2002) e Barr (2004) a ferramenta de análise em Excel[®] permite a construção da metodologia DEA através do Solver[®] e pode processar os modelos CCR e BCC. Na planilha do Excel[®] os dados referentes às entradas e saídas são inseridos e dispostos em formato específico e os resultados são gerados em arquivo separado. Posteriormente, são identificadas às células de localização dos pesos a serem estimadas e incluídas as restrições de acordo com as equações do modelo DEA a ser aplicado.

Barr (2004) afirma que diferentes relatórios podem ser gerados, conjuntamente com gráficos padrão e do tipo histograma de escore de eficiência, neste ambiente é possível a ordenação de tabelas de resultados e a criação de relatórios personalizados.

– SIADv3 – Sistema Integrado de Apoio à Decisão (versão 3)

Meza *et al* (2003), Mello *et al* (2005), Mello *et al* (2003) e Cunha (2005) definem o SIAD como um sistema computacional que deve ser utilizado em uma plataforma Windows em que é possível trabalhar com até 150 DMUs e 10 variáveis, entre *inputs* e *outputs*. Na área do DEA esta quantidade é considerada um número de grande porte, embora em muitas outras áreas de pesquisa seja um número insuficiente. Os autores salientam que, na literatura, é difícil encontrar aplicações com uma quantidade de DMUs maior do que 150. Esses autores destacam que o número de 20 variáveis pode ser considerado mais do que suficiente, pois devido às próprias características da análise de eficiência, trabalha-se com um máximo de 10 variáveis.

O *software* SIADv3 permite a entrada de dados de duas formas: diretamente no programa, utilizando uma grade de entrada vazia (com a prévia indicação da quantidade de variáveis e de DMUs) ou através de um arquivo (do tipo txt) com os dados já existentes, que são carregados na grade. As opções para o tipo de modelo (CCR ou BCC) e para o tipo de orientação (*input* ou *output*) são encontrados no SAIDv3. A versão 3, atual, do programa está disponível livremente em www.uff.br/decisao.

A aplicação de dados e processamento no *software* SIADv3 ocorre de forma simplificada cujo roteiro é apresentado a seguir. A figura 14 mostra a tela de apresentação inicial do *software*.

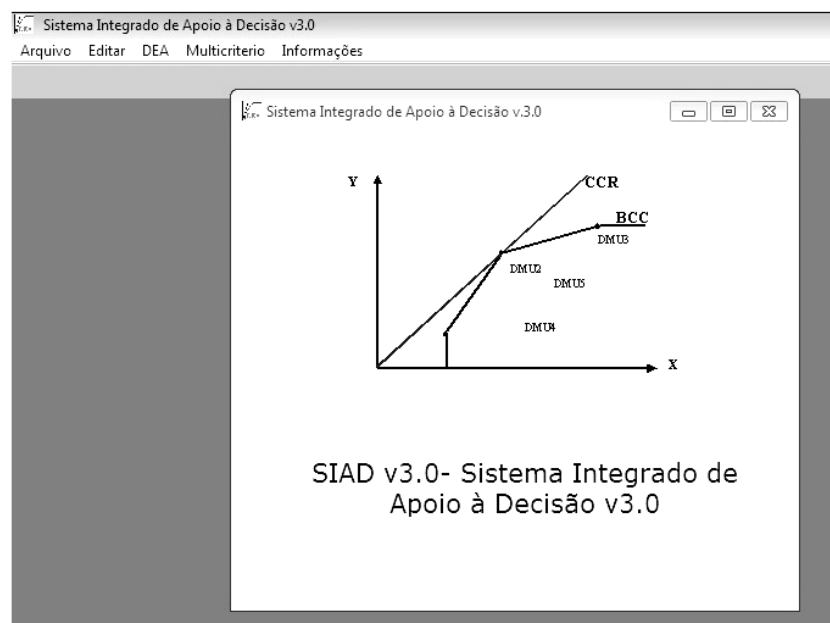


Figura 14 - Tela inicial do SIADv3

A figura 15 é a grade de entrada do software e mostra os dados da pesquisa que foram importados de um arquivo (do tipo txt), havendo carregamento imediato dos mesmos.

Entrada de Dados

Matriz de Dados

DMUs	EP	PA	PE	SP	LP	M
OBRA-1	10,000000	8,000000	6,000000	9,000000	10,000000	5
OBRA-2	10,000000	9,000000	5,000000	7,000000	5,000000	3
OBRA-3	10,000000	6,000000	6,000000	8,000000	10,000000	5
OBRA-4	9,000000	8,000000	7,000000	8,000000	9,000000	7
OBRA-5	8,000000	10,000000	7,000000	7,000000	6,000000	5
OBRA-6	10,000000	6,000000	8,000000	9,000000	9,000000	7
OBRA-7	9,000000	9,000000	6,000000	7,000000	6,000000	1
OBRA-8	10,000000	10,000000	8,000000	7,000000	7,000000	5
OBRA-9	9,000000	7,000000	5,000000	9,000000	10,000000	5
OBRA-10	6,000000	5,000000	6,000000	8,000000	10,000000	7
OBRA-11	10,000000	9,000000	8,000000	6,000000	9,000000	7

Modelo: CCR (CRS)

Orientação: Input

Avançado: Nenhum

Editor | Salvar | Cancelar | Calcular | Multicritério

Figura 15 - Grade de entrada de dados do SIADv3

Observa-se que, na tela, é possível selecionar o tipo de modelo DEA a aplicar e de orientação (input ou output), e a partir daí, realizar o cálculo da eficiência das DMUs. A figura 16 mostra o resultado da aplicação da DEA com as eficiências das DMUs em forma decimal.

Resultados

Eficiência modelo BCC, orientação output

	Padrão
OBRA-1	1,000000
OBRA-2	1,000000
OBRA-3	0,672483
OBRA-4	0,484820
OBRA-5	1,000000
OBRA-6	1,000000
OBRA-7	0,370065
OBRA-8	0,242521
OBRA-9	1,000000
OBRA-10	1,000000
OBRA-11	0,332401
OBRA-12	0,130603
OBRA-13	1,000000
OBRA-14	0,142193

Fronteira Invertida

Fronteira padrão

Pesos

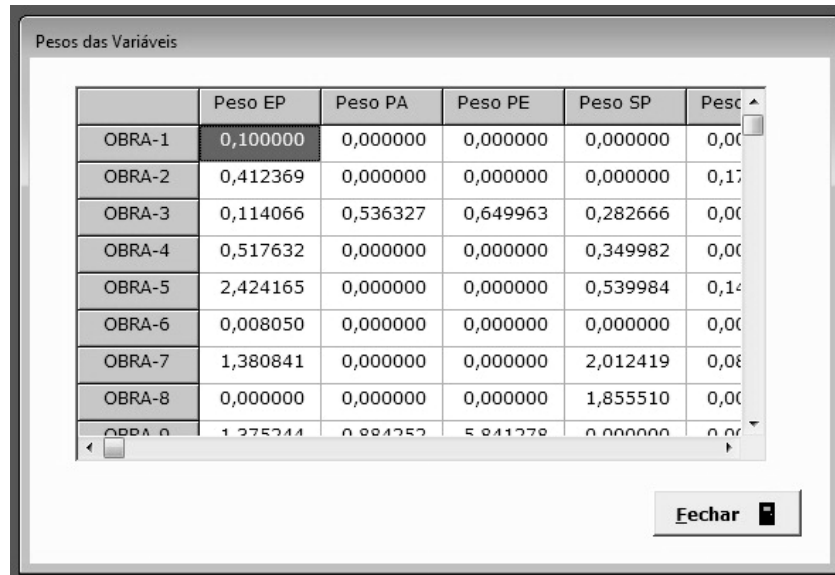
Benchmarks

Alvos e Folgas

Voltar | Salvar

Figura 16 - Resultados da eficiência das DMUs

Na tela da figura anterior pode-se buscar os valores dos pesos das variáveis com um *click* no item pesos. Esses pesos são mostrados em uma nova tela, que é mostrada na figura 17.



	Peso EP	Peso PA	Peso PE	Peso SP	Pesc
OBRA-1	0,100000	0,000000	0,000000	0,000000	0,00
OBRA-2	0,412369	0,000000	0,000000	0,000000	0,17
OBRA-3	0,114066	0,536327	0,649963	0,282666	0,00
OBRA-4	0,517632	0,000000	0,000000	0,349982	0,00
OBRA-5	2,424165	0,000000	0,000000	0,539984	0,14
OBRA-6	0,008050	0,000000	0,000000	0,000000	0,00
OBRA-7	1,380841	0,000000	0,000000	2,012419	0,08
OBRA-8	0,000000	0,000000	0,000000	1,855510	0,00
OBRA-9	1,275244	0,884252	5,841278	0,000000	0,00

Figura 17 – Tela com os pesos das variáveis

Conforme Meza *et al* (2003) o SIAD tem como um dos objetivos incorporar novos desenvolvimentos em DEA. Nesta versão foram inseridas novas opções, tais como a conjunção do modelo DEA e a orientação no processamento dos dados. Podem-se incluir também restrições aos pesos a serem incluídos no modelo selecionado. Além disso, existem opções adicionais para mostrar outros resultados da aplicação da DEA como a fronteira invertida e os índices de *benchmarkis* de todas as DMUs (eficientes e ineficientes) e ainda os alvos para as DMUs. Segundo os autores estas folgas apontam os níveis que as variáveis devem atingir para as DMUs serem eficientes.

Meza *et al* (2003) esclarece que este *software* foi desenvolvido em Delphi 7.0 com a implementação de algoritmo simplex, que representa a coluna vertebral do programa. Na versão v3 foram inseridos os modelos básicos da DEA (CCR e BCC), com as orientações de entrada (*input*) e saída (*output*) e os modelos avançados (Fronteira invertida e restrições de pesos).

Salienta-se que esta pesquisa não trata destes elementos avançados fornecidos pelo SIADv3. O roteiro utilizado nesta pesquisa trata das DMUs eficientes e dos pesos das variáveis de entrada e saída.

2.4 Considerações sobre este capítulo

O capítulo procura mostrar que todas as áreas que compreendem o processo produtivo na construção formam um sistema que pode ser utilizado para apoiar a tomada de decisões durante as fases do empreendimento. A revisão bibliográfica fornece o suporte teórico para visualizar se as ações originadas dessas áreas cumprem esse papel, a partir da exposição textual sobre essas áreas de tomadas de decisões e a listagem de ações relacionadas às mesmas. A visão dos autores sobre desperdício auxilia a relação das ações gerencias com o tema da pesquisa.

Os conhecimentos sobre a formação de constructos, suas variáveis e a Análise Envoltória de Dados mostra que essas ferramentas auxiliam o trabalho para a solução do problema da pesquisa.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Este capítulo trata da metodologia da pesquisa que significa, segundo Demo (1995), o estudo dos caminhos, dos instrumentos usados para fazer ciências e ao mesmo tempo visa a conhecer meios do processo científico para que se atinjam os objetivos que foram definidos (GONÇALVES, 2007). Esse autor acrescenta que metodologia é tratada como um conjunto de procedimentos que servem de instrumento para alcançar a finalidade de uma investigação científica, ou seja, está relacionada com a explicitação detalhada das ações desenvolvidas no trabalho de pesquisa. Na metodologia, faz-se a explicação do tipo de pesquisa, dos instrumentos utilizados na coleta e análise de dados, ou seja, tudo que foi utilizado na pesquisa.

O capítulo é dividido em três seções. A primeira seção descreve o delineamento da pesquisa e sua caracterização, a terceira seção apresenta as etapas da metodologia da pesquisa, a quarta seção faz considerações finais sobre o capítulo.

3.1 Delineamento da pesquisa

Delinear uma pesquisa relaciona-se com o seu planejamento em sua dimensão mais ampla, e envolve tanto a sua diagramação quanto a previsão de análise e interpretação de coleta de dados. Considera-se no delineamento o ambiente em que os dados são coletados, no caso o canteiro das obras visitadas. A classificação quanto ao delineamento a partir do tipo de fonte de coleta de dados: quando os dados são fontes advindas de publicações em livros, artigos de eventos científicos, *journals*, entre outros similares, a pesquisa pode ser classificada em bibliográfica e documental; caso as fontes sejam pessoas, a pesquisa pode ser experimental, levantamento ou estudo de caso (GIL, 2002).

3.2 Caracterização da pesquisa

3.2.1 Quanto aos objetivos

Segundo os objetivos a pesquisa se caracteriza como descritiva. Esse tipo de pesquisa, segundo Gonçalves (2007), procura descrever as características do fenômeno estudado. Oliveira (1998) afirma que o processo descritivo permite controlar um grande número de variáveis e por meio de técnicas matemáticas e estatísticas de correlação específica, o nível de relacionamento entre diferentes variáveis. Nesse caso se tem uma visão abrangente da forma como as variáveis estão relacionadas. Ainda conforme Oliveira (1998), o primeiro passo no estudo descritivo consiste na identificação das variáveis específicas. Os procedimentos para obtenção dos dados são praticamente os mesmos para as pesquisas quantitativas. Gil (2002) reforça essa última afirmação ao ressaltar que uma das características mais significativas da pesquisa descritiva está na utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados tais como questionários, os quais são utilizados na presente pesquisa.

3.2.2 Quanto aos procedimentos metodológicos

Segundo os procedimentos metodológicos utilizados, esta pesquisa se caracteriza como levantamento. Para Babbie (2001) os levantamentos são semelhantes a censo, no entanto se diferenciam por levarem em consideração certa amostra da população envolvida na pesquisa. Conforme Freitas (2000), esse tipo de pesquisa pode ser descrita como a obtenção de dados ou informações sobre características, ações ou opiniões de determinado grupo de pessoas, indicado como representante de uma população alvo, por meio de um instrumento de pesquisa que normalmente é o questionário, que tem como uma das estratégias de aplicação a entrevista pessoal. Algumas características do levantamento são enumeradas, a seguir, segundo Babbie (2001):

- Os dados da pesquisa facilitam o pensamento lógico;
- O tipo de pesquisa é amostral e serve para entender a postura da população maior sobre o fenômeno estudado;
- A compreensão é máxima com a menor quantidade de variáveis possível;
- A conceituação e a medição de variáveis estão na prática científica;
- O ato de medir é um dos problemas do levantamento, nesse caso, leva o pesquisador a ter uma compreensão apurada da medição e da conceituação do problema.

Para Freitas (2000) o foco é o interesse sobre “o que está acontecendo” ou “como e por que isto está acontecendo”; ou seja, o objeto ocorre no presente ou num passado recente. Conforme Gil (2002) a pesquisa de levantamento está relacionada à interrogação direta dos componentes da amostra cujo comportamento se deseja conhecer. As informações são levantadas através de solicitação ao grupo alvo da pesquisa, para, na sequência, realizar a análise quantitativa e serem feitas as conclusões relativas aos dados coletados.

3.2.3 Quanto às fontes de informação

A pesquisa, em sua primeira etapa, como será visto adiante, tem como base materiais já elaborados e se utiliza das contribuições de diversos autores sobre um determinado assunto (GIL, 2002; GONÇALVES 2007). Nesse caso, a pesquisa se caracteriza, em sua etapa inicial, como uma pesquisa bibliográfica.

3.2.4 Quanto à natureza dos dados

A pesquisa se caracteriza como quantitativa. Nesse tipo de pesquisa, segundo Oliveira (1998), o próprio termo indica que se pretende quantificar opiniões nas formas definidas de coleta de informações. Para esse autor, o método quantitativo é bastante utilizado no desenvolvimento de pesquisas descritivas, onde se privilegia a relação entre as variáveis e a relação entre causas e efeitos do fenômeno estudado. Ainda segundo Oliveira

(1997), a pesquisa quantitativa garante precisão nos resultados e evita distorções na análise e nas conclusões.

3.3 Diagramação da metodologia

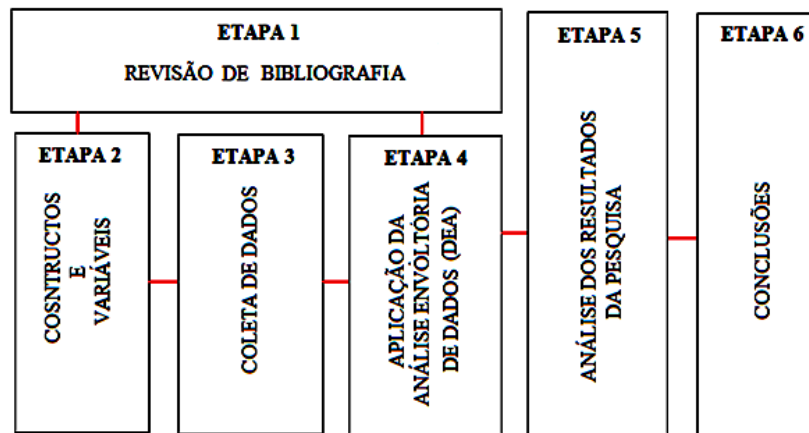


Figura 18 – Diagrama da metodologia

3.4 Descrição da metodologia

3.4.1 Revisão da bibliografia

A revisão bibliográfica, nesta pesquisa, foi realizada em duas fases. A primeira de maneira preliminar e a segunda constando de uma seleção do material manipulado para, em seguida, proceder a uma triagem que resultasse em material relevante ao objetivo da pesquisa.

A revisão bibliográfica preliminar constou de um levantamento de material bibliográfico na literatura referente aos constructos, definidos na etapa 2, que demonstrassem conter alguma relação com desperdício em empreendimentos imobiliários.

De posse do material bibliográfico levantado, é realizada uma avaliação deste, considerando a maior proximidade do conteúdo do tema da pesquisa, das ferramentas de

coleta e análise de dados que pudessem contribuir para o desenvolvimento da mesma. Com esta avaliação realizou-se uma triagem constando de material relacionado a:

- Áreas gerenciais que originam ações gerenciais e que são os constructos da pesquisa
- Ações gerenciais que reduzem desperdício a partir das áreas gerenciais.
- Formação de constructos, suas variáveis e validação das mesmas
- Análise envoltória de dados (DEA)

A seleção do material bibliográfico proporcionou a elaboração do capítulo 2 e a formação dos elementos para realização da pesquisa no tocante a: constituição das variáveis da pesquisa, confecção do questionário para coleta de dados, aplicação da análise dos dados com a ferramenta DEA e interpretação dos resultados.

3.4.2 Definição dos constructos e variáveis da pesquisa

As áreas de tomadas de decisões ou áreas gerenciais na construção de empreendimentos imobiliários foram consideradas para estudo na revisão bibliográfica. Essas áreas são:

- Estratégia de produção;
- Projeto Arquitetônico;
- Projeto Executivo;
- Projeto do Sistema de Produção;
- Planejamento de longo prazo;
- Planejamento de médio prazo;
- Planejamento de curto prazo;
- Controle da produção;

Tais áreas, por darem origem a ações gerenciais que definem o desenvolvimento do empreendimento, variam de importância de aplicação de uma obra para outra.

São caracterizadas como constructos na pesquisa. No anexo 1, onde constam os constructos e suas variáveis relacionadas.

Como a quantidade de ações era numerosa, procurou-se utilizar uma técnica de seleção para escolher as ações para uso no levantamento de dados e que representassem os respectivos constructos.

Para que essa validação ocorresse, foi elaborado um pré-teste, para selecionar as variáveis, constando dos procedimentos que se seguem.

- Confeção de tarjas com o nome das ações gerenciais em material colorido, de maneira que cada cor representasse um constructo;
- Exposição das tarjas em uma mesa de forma espalhada para que o selecionador possa ter uma visão ampla e observar todas ao mesmo tempo;
- Separação, pelo selecionador, de certa quantidade de tarjas (no caso escolheram-se 8) contendo as ações gerenciais que o mesmo considera mais relevantes na redução de desperdício. Decidiu-se escolher 8 variáveis para que houvesse uma maior diversidade de notas (valor de importância) para as ações gerenciais selecionadas.
- Colocação das respectivas ações gerenciais selecionadas em ordem de maior (valor 8) a menor (valor 1) importância para redução de desperdício;

A realização deste pré-teste contou com a participação de mestrandos do Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil da UFC, num total de 8 alunos.

O pré-teste mostrou que seria possível a seleção de variáveis através deste procedimento.

Para seleção definitiva das variáveis a serem utilizadas na coleta de dados da pesquisa, o procedimento descrito no parágrafo anterior foi praticado por professores (as) doutores (as) da área de gerenciamento e desperdício em construção civil, aqui denominados professores. O procedimento para participação dos professores ocorreu com envio da relação de constructos e a totalidade de suas respectivas variáveis por meio eletrônico, com as orientações necessárias, cujo conteúdo consta do Anexo 2. Esse material foi enviado a 16 professores sendo que 10 deles retornaram com a respectiva seleção de variáveis.

A validação das variáveis ocorreu através da compilação dos dados do retorno dos 10 professores. Os procedimentos ocorreram segundo o item 2.3.1 b. Foi solicitado a cada professor selecionar 8 variáveis para que houvesse maior diversificação de valores nos resultados desta seleção.

Esse procedimento foi necessário para validação das variáveis dos construtos, visto que, segundo Kubota *et al* (2008), o questionário, ao ser devidamente pré-testado, e efetuados os ajustes metodológicos considerados relevantes. Para este autor a validação deve ser realizada junto a pelo menos três professores da área da pesquisa. No caso desta pesquisa, esse foi o procedimento adotado, mas com um número maior de professores na validação.

3.4.3 Coleta de dados

O instrumento utilizado para a coleta de dados foi um questionário (Anexo 5) construído a partir do resultado da consulta aos professores. Esse instrumento foi constituído de três partes, denominadas A, B e C.

– Parte A

Contém informações preliminares, incluindo a experiência da empresa no mercado de construção imobiliária e sobre a obra, com relação à área construída, prazo e número de pavimentos da obra.

Ressalta-se que, quando se tratar de um condomínio horizontal, o número de pavimentos é considerado como a quantidade total das unidades do projeto.

– Parte B

Constituído de dezesseis variáveis do quadro 3. Conforme esse quadro, os constructos são as áreas gerenciais e suas variáveis são as duas ações consideradas mais importantes pelos professores. Para cada variável, o respondente aponta o grau de importância, em uma escala de 1 (menor importância) a 10 (maior importância), com que a mesma é implementada na obra.

– Parte C

Solicita informação sobre a geração mensal de entulho pela obra, no caso em contenedores de 4,5m³. A partir desse dado, construiu-se uma variável que representa a área da construção que gera um metro cúbico de entulho. Essa variável é o inverso de outra mais utilizada no meio científico e no mercado da construção, ou seja, volume em m³ de entulho produzido por m² da obra ou cm de resíduo por m² da obra, segundo Novaes e Mourão (2008).

O questionário foi preparado para implementação em obras de empreendimentos imobiliários em pleno processo de construção. O engenheiro responsável pelo gerenciamento das ações no empreendimento foi o respondente na pesquisa. Esse instrumento foi preenchido durante as visitas e com a presença do pesquisador para dirimir e esclarecer eventuais dúvidas por parte do respondente. A duração média da visita foi de 40 minutos.

Todos os dados dos questionários respondidos completamente, conforme consta no Anexo 6, foram compilados e preparados para inserção no *software* destinado ao processamento e à análise dos resultados.

Para atender a condição de que a quantidade de unidades de tomada de decisões, no caso as obras, equivalesse no mínimo o dobro da quantidade de variáveis, procedeu-se da seguinte forma:

- As variáveis mais importantes de cada constructo, consideradas pelos *experts*, passaram a representar os dados de entrada ou insumos. As demais continuam fazendo parte das ações que se relacionam com cada constructo a que estão ligadas.
- Uma variável que tivesse relação com a redução de resíduo foi construída para representar o dado de saída ou produto, no caso, a quantidade de m² da obra que gera um m³ de resíduo do tipo entulho.

Com esse procedimento pode-se contemplar o pré-requisito para validação dos dados na aplicação da DEA.

3.4.4 Aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA)

O método de aplicação da análise envoltória de dados seguiu o apresentado por Lin e Okundan (2009), conforme se segue. As etapas 1 e 2 do modelo, ou seja, coleta de dados e identificação das variáveis, foram contemplados nas etapas 2 e 3 da metodologia da pesquisa. A continuação do modelo destes autores segue com a seleção do modelo DEA, entre CCR e BCC, a definição do software para processamento dos dados da pesquisa e obtenção dos resultados para análise e conclusões.

O modelo BCC da DEA foi o escolhido para ser utilizado na pesquisa com orientação de *output* e minimização de *input*, ou seja, maior redução de desperdício a partir dos dados de entrada que são as ações gerenciais que reduzem desperdício.

Este modelo foi selecionado, conforme Banker, Charnes e Cooper (1984) apud Calvo e Lapa (2008), devido uma variação de *input* não causar uma variação de *output* proporcional, ou seja, não relação de proporcionalidade entre esses dados. Esse fator foi constatado quando da observação dos dados coletados na pesquisa.

O software SIADv3 foi o escolhido devido à simplicidade de sua aplicação dos dados na DEA e por atender aos objetivos da pesquisa.

Conforme os procedimentos para execução dos dados (MELLO, 2005), os mesmos são digitados no aplicativo bloco de notas, na forma de planilha, e importados pelo software SIADv3.

Depois de realizados os cálculos, o *software* gera relatórios contendo os seguintes dados para cada DMU:

- Eficiência;
- Pesos das variáveis dos *inputs*;
- Fator de correção de escala
- E outros elementos que não são objetos desta pesquisa, tais como: fatores de *benchmarking*, alvos e folgas.

4. RESULTADOS E ANÁLISE

O resultado da pesquisa é composto de três seções. A primeira refere-se à validação das variáveis dos constructos; a segunda refere-se à importância dos constructos, atribuída pelos participantes da pesquisa e a terceira relata os procedimentos que permitem a obtenção do objetivo principal da pesquisa - a aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA).

4.1 Validação das variáveis dos constructos

A relação de variáveis por constructo, cuja listagem se encontra no Anexo 1, foi respondida por 10 professores (Anexo 3), que selecionaram as 8 variáveis de cada constructo, segundo a metodologia da escolha mencionada no item 3.4.2. No processo de seleção, os mesmos atribuíram um grau de importância de 1 a 8, sendo 1 de menor e 8 de maior importância para as variáveis escolhidas. A partir da quantidade de vezes selecionada, e do grau de importância atribuída, foi elaborada uma pontuação que representa o resultado da multiplicação destes dois valores. O anexo 4 apresenta a seleção e a tabela 2 seguinte mostra as duas variáveis de maiores pontuações, por constructo, com base no anexo.

Tabela 2 - Constructos e variáveis de maior pontuação.

Constructo	Variáveis
Estratégia de Produção	Fazer Planejamento e Controle da Produção Definir sequências e trajetória entre os serviços de maior volume
Projeto Arquitetônico	Manter relação profissional entre Arquiteto, cliente e consultor Integrar projetos (Arquitetônico e complementares)
Projeto Executivo	Detalhar elementos dos projetos para execução, fabricação ou montagem Elaborar caderno de especificações detalhada de materiais e serviços previstos
Projeto do Sistema de Produção	Padronizar os processos construtivos (repetitividade) Identificar os processos críticos (gargalos)
Planejamento de Longo Prazo	Definir os ritmos dos principais processos de produção Elaborar estruturação do empreendimento com definições de metas e datas
Planejamento de Médio Prazo	Decompor as atividades do programa mestre em pacotes de trabalho e operações Estabelecer as quantidades de trabalho para execução, programação e sequência
Planejamento de Curto Prazo	Tomar decisões de forma participativa Utilizar plano semanal com ordens de serviços
Controle da Produção	Sistematizar indicadores de desempenho Padronizar os controles de produção com manuais

Os constructos foram representados pela variável de maior pontuação, conforme o item anterior, ou seja, apenas a primeira variável na lista do quadro 2. Esta foi utilizada no prosseguimento da pesquisa, com relação à análise de dados, resultados e conclusões.

4.2 Importâncias dos constructos atribuídas pelos participantes da pesquisa

Na pesquisa há dois tipos de participantes: os professores, que selecionaram as variáveis para inclusão no questionário da pesquisa e os engenheiros responsáveis pelo gerenciamento da obras visitadas, aqui denominados de Gerentes das Obras, que responderam os questionários da pesquisa e atribuíram valores de 1 a 10, indicando um nível de importância das ações listadas no questionário (Anexo 5), na parte B deste instrumento. Para que não houvesse uma tendência a qualquer tipo de resposta, os gerentes das Obras não foram informados de que se tratava de ações gerenciais que impactam na redução de desperdício em sua gestão, pelos motivos que foram expostos no capítulo da metodologia.

Com a atribuição de importância às variáveis, foi elaborada a tabela 3 mostrando o resultado das pontuações que os participantes consideraram em suas opiniões. Para os professores, a pontuação foi descrita anteriormente no item 4.1 e, para os Gerentes das Obras, equivale à soma dos valores citados atribuída nos questionários respondidos pelos mesmos às variáveis de maiores pontuações, conforme mostrado no anexo 6. Vale salientar que, na coluna de pontuações dos Gerentes das Obras, foi feito um ajustamento de valores proporcional à soma total das pontuações, para reunir estas pontuações em uma única escala facilitando a leitura comparativa entre estes resultados. Este ajustamento está demonstrado no anexo 8. A figura 19 mostra, em gráfico de barras, o que a tabela 3, seguinte, apresenta.

Tabela 3 – Pontuação ajustada dos constructos.

Símbolo	Constructo	Professores	Gerentes das Obras
EP	Estratégia de Produção	408	376
PA	Projeto Arquitetônico	222	304
PE	Projeto Executivo	376	290
SP	Projeto do Sistema de Produção	165	332
LP	Planejamento de Longo Prazo	396	346
MP	Planejamento de Médio Prazo	376	329
CPz	Planejamento de Curto Prazo	315	324
CP	Controle da Produção	294	251

Nota: A pontuação dos gerentes de obras foi ajustada a uma mesma soma total.

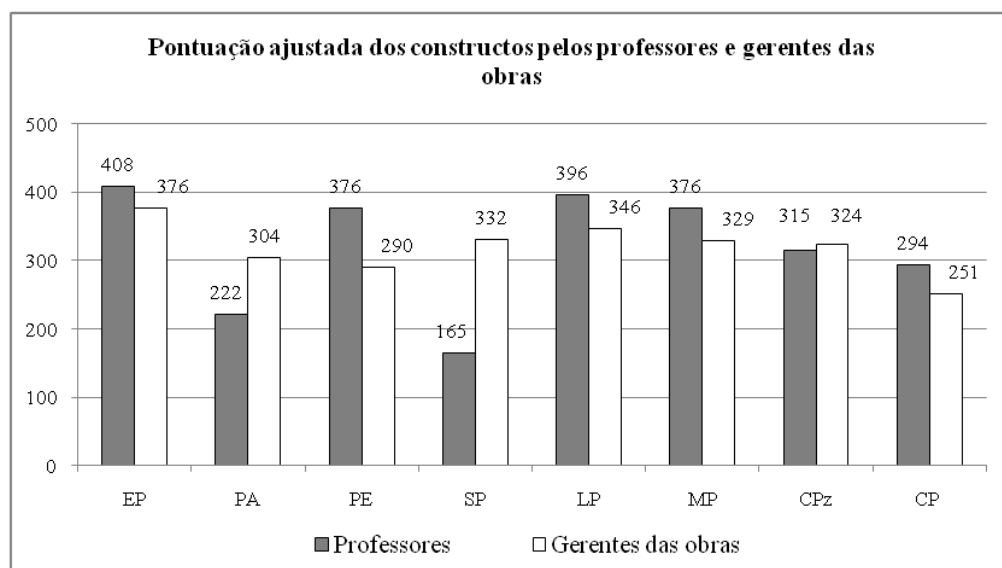


Figura 19 – Pontuação dos constructos

Analisando esses dados, nota-se que tanto para os professores quanto para os gerentes das obras a estratégia de produção possui maior nível de pontuação indicando que os mesmos consideram essa área gerencial a mais importante para emitir ações que reduzem desperdício, entre as áreas gerenciais constantes na pesquisa. Quanto à segunda área gerencial importante, há também uma concordância, indicando que o planejamento de longo prazo ocupa essa posição na emissão desse tipo de ações gerenciais. No entanto, há divergência quanto às áreas gerenciais de menor importância. No caso, os professores indicam o projeto do sistema de produção e os Gerentes das Obras o controle da produção.

Considerando as pontuações dos professores e dos gerentes de obras conjuntamente, a ordem decrescente de importância das áreas gerenciais para redução de desperdício é definida nesta ordem: Estratégia de produção; Planejamento de longo prazo;

Planejamento de médio prazo; projeto executivo; planejamento de curto prazo; controle da produção; projeto arquitetônico e projeto do sistema de produção. No anexo 8 são mostradas tabelas e gráficos sobre as pontuações comentadas nesta seção.

4.3 Aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA)

4.3.1 Amostra da pesquisa

O questionário da pesquisa foi aplicado em 31 (trinta e uma) obras imobiliárias, na cidade de Fortaleza, Estado do Ceará/Brasil, cujas características estão distribuídas conforme as tabelas 4, 5, 6 e 7 abaixo:

Tabela 4 – Tempo da empresa no mercado

Idade (Anos)	Quant. de obras	Percentual
até 10	5	16.13%
10 a 20	3	9.68%
21 a 30	13	41.94%
Acima de 30	10	32.26%

Tabela 5 – Área construída da obra

Área Const. (m ²)	Quant. de obras	Percentual
até 10000	10	32.26%
10001 a 15000	11	35.48%
15001 a 20000	3	9.68%
Acima de 20000	7	22.58%

Tabela 6 – Prazo de execução da obra

Prazo (meses)	Quant. de obras	Percentual
até 12	1	3.23%
de 13 a 24	11	35.48%
de 25 a 36	14	45.16%
acima de 36	5	16.13%

Tabela 7 – Número de pavimentos tipo da obra

Pavimentos	Quant. de obras	Percentual
até 15	6	19.35%
de 16 a 20	5	16.13%
de 21 a 25	10	32.26%
acima de 25	10	32.26%

Na amostra, predominam empresas que estão entre 21 e 30 anos no mercado, obras com áreas construídas entre 10.001 e 15.000 m², prazos de execução entre 25 e 36 meses e acima de 20 pavimentos.

4.3.2 Dados para aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA)

a) Dados de entrada ou *Inputs*

Os dados de entrada, também chamados de *inputs*, correspondem aos valores atribuídos às ações mais importantes dos constructos (Áreas Gerenciais) da parte B do questionário segundo os Gerentes das Obras. Portanto, para entrada de dados na DEA tem-se 8 *inputs*, cada um representando um constructo ou área gerencial de tomada de decisão nos empreendimentos.

O tabela 8 abaixo mostra os constructos e as variáveis de entrada correspondentes que fazem parte do questionário da pesquisa cujo modelo é apresentado no Anexo 5.

Tabela 8 - Variáveis de entrada ou inputs

Constructo	Variável de entrada correspondente
EP - Estratégia de Produção	Fazer Planejamento e Controle da Produção
PA - Projeto Arquitetônico	Manter relação profissional entre Arquiteto, cliente e consultor
PE - Projeto Executivo	Detalhar elementos dos projetos para execução, fabricação ou montagem
SP - Projeto do Sistema de Produção	Padronizar os processos construtivos (repetitividade)
LP - Planejamento de Longo Prazo	Definir os ritmos dos principais processos de produção
MP - Planejamento de Médio	Decompor as atividades do programa mestre em pacotes de trabalho e operações
CPz - Planejamento de Curto Prazo	Tomar decisões de forma participativa
CP - Controle da Produção	Sistematizar indicadores de desempenho

b) Dados de Saída ou *Outputs*

Os dados de saída, também chamados de *outputs*, são representados pela área construída, em m², para cada m³ de resíduo (entulho) gerado na obra. O valor desta variável, para cada obra, foi obtido a partir da área construída, do prazo da obra e da quantidade média de contenedores (*Containers*) de resíduo de 4,5m³ gerados pelo empreendimento por mês. Esse cálculo está demonstrado no Anexo 7 e indica uma relação proporcional entre essa variável e a redução de desperdício, ou seja, quanto maior esse valor, menor será a produção de resíduo pela obra. A variável é definida no trabalho por ACR (Área Construída por Resíduo gerado).

No município de Fortaleza, onde se encontram as obras pesquisadas, há legislação própria, que é a Lei N.º 8.408 de 24 de dezembro de 1999, que torna o gerador de resíduos sólidos cujo peso específico seja maior que 500 Kg (quinhentos quilogramas) por m³ (metro cúbico), ou cuja quantidade produzida exceda o volume de 100 l (cem litros) ou 50 Kg (cinquenta quilogramas), por dia, responsável pelos serviços e custos com acondicionamento, coleta, armazenamento, transporte, tratamento e destinação final. O Decreto 10.696 de 02 de fevereiro de 2000 regulamenta esta Lei e o Decreto 11.646 de 31 de maio de 2004 altera esse decreto. Na alteração é dado destaque à obrigatoriedade ao grandes geradores, nos quais a construção civil se inclui, a apresentar um Plano de gerenciamento de resíduos sólidos (PGRS) à Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMAM).

Para o setor da construção civil, este PGRS deve incluir toda a previsão da produção de resíduos a ser gerado pela obra durante a sua execução, baseado na classificação da resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Mensalmente é informado pela empresa construtora à SEMAM a forma como é tratado todo o resíduo, frequência da coleta e quantidade coletada.

Entre esses resíduos consta o entulho da construção sobre o qual foram coletado os dados para realização desta pesquisa. Salienta-se que, durante a coleta deste dado, as obras se encontrar em diferentes fases, ocasionando uma variação da quantidade de entulho gerado. Levou-se então em consideração a previsão constante no Plano de gerenciamento de resíduos sólidos (PGRS) e projetou-se uma média mensal para a produção de entulho em todo o período de execução, dessa forma obteve-se um valor total de resíduo gerado proporcional ao prazo da mesma.

4.3.3 Valores dos *Inputs* e *Outputs*

A tabela 9, a seguir, mostra os valores de entrada (*input*) e saída (*output*). Os valores dos *inputs* foram coletados diretamente dos questionários respondidos e os *outputs* calculados conforme descrição do item anterior. As DMUs foram ordenadas em valores decrescentes dos *outputs*, significando a ordem decrescente de redução de desperdício.

Tabela 9 – Dados para aplicação da DEA no SIADv3

FONTES	ENTRADAS (INPUTs)								OUTPUT
DMUs	EP	PA	PE	SP	LP	MP	CPz	CP	ACR
OBRA-1	10	8	6	9	10	9	6	5	94.889
OBRA-2	10	9	5	7	5	3	1	4	72.222
OBRA-3	10	6	6	8	10	9	9	6	33.384
OBRA-4	9	8	7	8	9	7	9	8	32.383
OBRA-5	8	10	7	7	6	9	10	3	23.872
OBRA-6	10	6	8	9	9	7	9	1	20.284
OBRA-7	9	9	6	7	6	10	9	7	18.066
OBRA-8	10	10	8	7	7	9	7	6	17.515
OBRA-9	9	7	5	9	10	9	10	10	17.429
OBRA-10	6	5	6	8	10	7	6	5	16.506
OBRA-11	10	9	8	6	9	7	6	7	13.204
OBRA-12	10	9	8	9	8	10	7	7	11.209
OBRA-13	10	5	5	10	7	10	7	8	10.575
OBRA-14	10	7	8	8	8	9	8	8	9.335
OBRA-15	10	5	6	9	10	8	7	8	8.258
OBRA-16	7	9	8	10	7	3	10	3	8.241
OBRA-17	10	9	8	9	9	7	7	6	8.025
OBRA-18	8	1	8	10	9	10	7	6	7.870
OBRA-19	10	4	7	5	10	8	10	4	7.222
OBRA-20	10	5	5	9	10	8	8	7	6.118
OBRA-21	10	8	7	7	7	8	10	8	5.686
OBRA-22	10	3	6	9	9	10	8	1	5.365
OBRA-23	8	9	10	8	8	7	9	7	4.894
OBRA-24	9	8	9	9	8	7	7	7	4.757
OBRA-25	8	10	7	7	10	8	9	7	4.630
OBRA-26	10	9	8	9	7	10	8	7	4.559
OBRA-27	10	8	7	9	10	10	8	7	4.350
OBRA-28	9	9	6	7	8	8	9	5	4.247
OBRA-29	10	10	10	9	10	8	9	8	4.115
OBRA-30	8	9	10	10	9	9	9	10	3.472
OBRA-31	10	9	7	6	10	8	9	7	2.942

4.3.4 Análise dos resultados do Processamento dos dados no SIADv3

a) Eficiência das DMUs

A tabela 10, a seguir, mostra o resultado da aplicação dos dados da pesquisa no SIADv3, ou seja, da Análise Envoltória de Dados (DEA) e identifica as obras eficientes e as ineficientes, para o grupo de obras analisado constante na tabela 6. Os procedimentos de

aplicação do SIADv3 está explicitado no item 2.3.2 b.6, segundo o qual foram aplicados conforme o roteiro apresentado.

Tabela 10 – Resultado da aplicação dos dados da pesquisa no SIADv3 - DEA

FONTE			Resultado DEA			FONTE			Resultado DEA		
DMUs	Eficiência	Situação	DMUs	Eficiência	Situação	DMUs	Eficiência	Situação	DMUs	Eficiência	Situação
OBRA-1	100.00%	Eficiente	OBRA-17	9.19%	Ineficiente						
OBRA-2	100.00%	Eficiente	OBRA-18	100.00%	Eficiente						
OBRA-3	67.25%	Ineficiente	OBRA-19	100.00%	Eficiente						
OBRA-4	48.48%	Ineficiente	OBRA-20	100.00%	Eficiente						
OBRA-5	100.00%	Eficiente	OBRA-21	8.73%	Ineficiente						
OBRA-6	100.00%	Eficiente	OBRA-22	100.00%	Eficiente						
OBRA-7	37.01%	Ineficiente	OBRA-23	10.50%	Ineficiente						
OBRA-8	24.25%	Ineficiente	OBRA-24	7.18%	Ineficiente						
OBRA-9	100.00%	Eficiente	OBRA-25	16.47%	Ineficiente						
OBRA-10	100.00%	Eficiente	OBRA-26	5.61%	Ineficiente						
OBRA-11	33.24%	Ineficiente	OBRA-27	4.58%	Ineficiente						
OBRA-12	13.06%	Ineficiente	OBRA-28	8.47%	Ineficiente						
OBRA-13	100.00%	Eficiente	OBRA-29	4.52%	Ineficiente						
OBRA-14	14.22%	Ineficiente	OBRA-30	6.79%	Ineficiente						
OBRA-15	23.28%	Ineficiente	OBRA-31	7.41%	Ineficiente						
OBRA-16	100.00%	Eficiente	----	----	----						

A tabela 11, a seguir, mostra a distribuição das DMUs em três intervalos: o primeiro as DMUs com eficiência até 20%, o segundo com eficiência acima de 20% e abaixo de 100% e no terceiro intervalo aquelas que foram eficientes no grupo pesquisado.

Tabela 11 – Quantidade de DMUs por faixa de eficiência

Eficiência	Quantidade	Percentual
Abaixo de 20%	13	41,94%
Entre 20 e 100	6	19,35 %
Eficientes (100%)	12	38.71%

Os resultados constantes na tabela 10 são apresentados na figura 20, onde se visualizam as DMUs eficientes, que formam a fronteira de eficiência, e um conjunto de DMUs ineficientes.

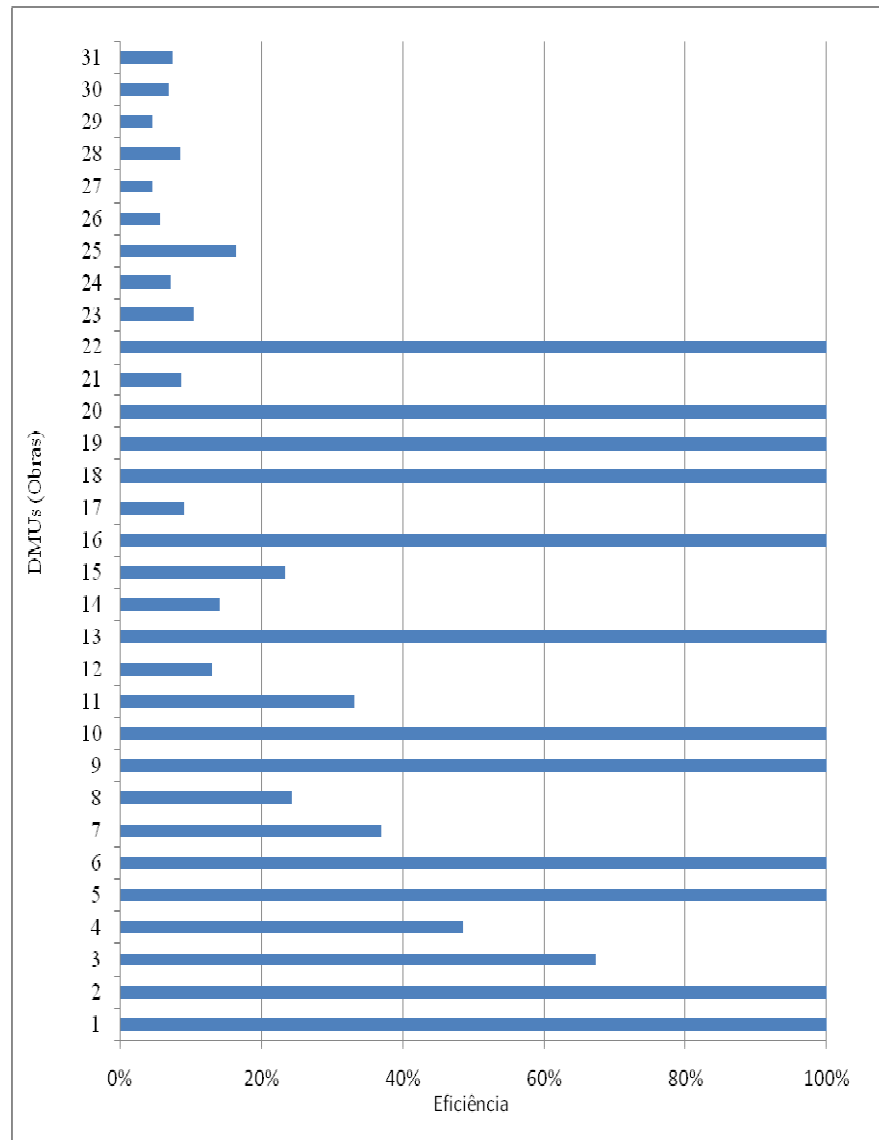


Figura 20 – Eficiência das DMUs (Obras)

b) Elementos resultantes da aplicação da DEA

Como foi visto na revisão bibliográfica, a cada variável a DEA atribui um peso na eficiência das DMUs, ou seja, no caso da pesquisa, cada área de tomada de decisões tem influência na redução de desperdício. Os pesos resultantes das variáveis de entrada na aplicação da DEA, através do *software* SIADv3, para as DMUs são mostrados na tabela 12 seguinte:

Tabela 12 – Pesos das variáveis na eficiência das DMUs (Obras)

DMUs	EP	PA	PE	SP	LP	MP	CPz	CP
OBRA-1	0.100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
OBRA-2	0.412	0.000	0.000	0.000	0.176	0.000	0.000	0.000
OBRA-3	0.114	0.536	0.650	0.283	0.000	0.000	0.000	0.000
OBRA-4	0.518	0.000	0.000	0.350	0.000	0.000	0.000	0.000
OBRA-5	2.424	0.000	0.000	0.540	0.149	0.000	0.625	2.951
OBRA-6	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.920
OBRA-7	1.381	0.000	0.000	2.012	0.085	0.000	0.000	0.000
OBRA-8	0.000	0.000	0.000	1.856	0.000	0.000	0.000	0.000
OBRA-9	1.375	0.884	5.841	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
OBRA-10	0.542	2.398	3.504	0.000	0.000	0.000	0.976	0.000
OBRA-11	1.670	0.000	0.000	2.461	0.000	0.000	0.000	0.000
OBRA-12	1.748	0.000	0.000	0.000	0.404	0.000	0.000	0.000
OBRA-13	0.000	1.739	1.858	0.000	0.564	0.000	0.000	0.000
OBRA-14	0.000	1.410	0.000	0.938	0.392	0.000	0.000	0.000
OBRA-15	0.000	2.255	2.406	0.000	0.000	0.432	0.000	0.000
OBRA-16	41.928	0.000	0.000	50.943	0.000	18.799	0.000	34.809
OBRA-17	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.471	0.000	0.000
OBRA-18	0.000	1.456	0.000	0.000	0.867	0.000	0.000	0.000
OBRA-19	1.174	1.685	0.000	1.101	0.000	0.000	0.000	0.993
OBRA-20	4.829	3.157	21.378	0.000	0.000	0.364	0.000	0.000
OBRA-21	0.000	1.241	0.000	2.613	0.000	0.000	0.000	0.000
OBRA-22	10.786	0.000	0.000	2.403	0.665	0.000	2.781	13.130
OBRA-23	4.004	0.000	0.000	0.000	0.926	0.000	0.000	0.000
OBRA-24	4.120	0.000	0.000	0.000	0.953	0.000	0.000	0.000
OBRA-25	4.764	0.000	0.000	7.020	0.000	0.000	0.000	0.000
OBRA-26	0.000	0.000	0.000	0.000	0.994	0.000	0.000	0.000
OBRA-27	0.000	1.622	0.000	3.417	0.000	0.000	0.000	0.000
OBRA-28	5.192	0.000	0.000	7.652	0.000	0.000	0.000	0.000
OBRA-29	4.303	0.000	0.000	0.000	0.000	0.918	0.000	0.000
OBRA-30	5.644	0.000	0.000	0.000	1.306	0.000	0.000	0.000
OBRA-31	0.000	0.000	0.000	11.046	0.000	0.000	0.000	0.000

Para que fosse possível fazer uma comparação entre os pesos apresentados na tabela 12, os pesos foram calculados como porcentagem da soma dos mesmos em cada DMU. A referida soma foi equiparada à unidade e os pesos recalculados tomando-se como base a mesma proporcionalidade.

Para melhor entendimento são demonstrados a seguir dois exemplos:

Para OBRA-2

DMUs	EP	PA	PE	SP	LP	MP	CPz	CP
OBRA-2	0.412	0.000	0.000	0.000	0.176	0.000	0.000	0.000

Soma dos pesos = 0,588

Proporcionalidade do peso de EP = $0,412 / 0,588 = 0,701$

Proporcionalidade do peso de LP = $0,176 / 0,588 = 0,299$

Conclusão

Equiparando a soma dos pesos, que é 0,588, a 1 o peso de EP seria igual a 0,701 e o peso de LP igual a 0,299.

Para OBRA-16

DMUs	EP	PA	PE	SP	LP	MP	CPz	CP
OBRA-16	41,928	0,000	0,000	50,943	0,000	18,799	0,000	34,809

Soma dos pesos = 146,479

Proporcionalidade do peso de EP = $41,928 / 146,479 = 0,286$

Proporcionalidade do peso de SP = $50,943 / 146,479 = 0,348$

Proporcionalidade do peso de MP = $18,799 / 146,479 = 0,128$

Proporcionalidade do peso de CP = $34,809 / 146,479 = 0,238$

Conclusão

Equiparando a soma dos pesos, que é 146,479 igual a 1 o peso de EP seria igual a 0,286, o de SP igual a 0,348, de MP igual a 0,128 e de CP seria 0,238.

Todos os cálculos desta equiparação são mostrados no anexo 8.

Levando-se em consideração a soma dos pesos obtidos no anexo 9, das DMUs eficientes, formatou-se a tabela 13 a seguir.

Tabela 13 – Estudo dos pesos proporcionais das variáveis relativos às DMUs eficientes

	EP	PA	PE	SP	LP	MP	CPz	CP
Soma	3.36	1.92	2.36	0.73	0.85	0.14	0.32	2.31
Percentual do total da soma	28.0%	16.0%	19.7%	6.1%	7.1%	1.2%	2.7%	19.3%
Múltiplo do menor valor	23.9	13.7	16.8	5.2	6.1	1.0	2.3	16.4

Nesta tabela, o item denominado “Múltiplo do menor valor” significa quantas vezes os pesos de cada área gerencial é maior que os da área gerencial com menor peso na redução de desperdício. Para tanto, a menor soma de pesos foi equiparada a 1,0.

As figuras 21 e 22 apresentam os gráficos do percentual do total da soma dos pesos da tabela acima, o primeiro na ordem da tabela e o segundo em ordem decrescente desse percentual.

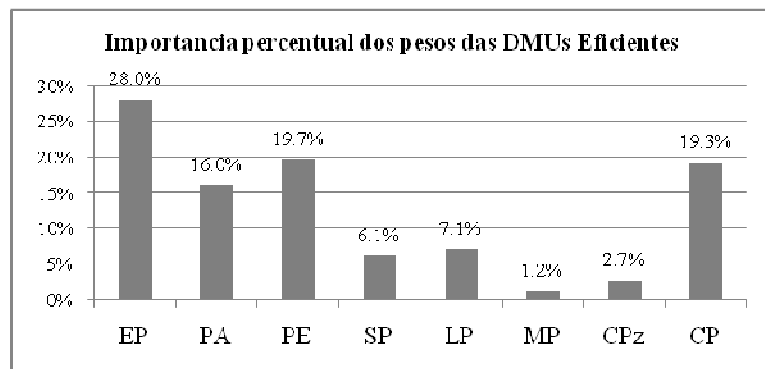


Figura 21 – Importância relativa dos pesos

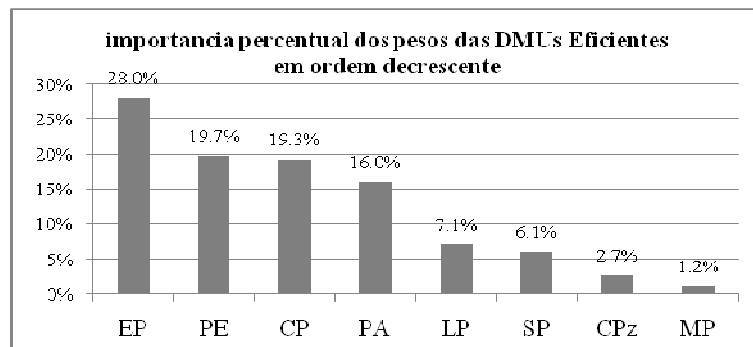


Figura 22 – Importância relativa dos pesos em ordem decrescente

c) Análise dos resultados de algumas DMUs

Os resultados encontrados com a implementação da DEA, a partir da aplicação do sistema SIADv3, foram sistematizados no Anexo 10 que indica as DMUs pertencentes aos intervalos de eficiência até 20%, acima de 20% e menor que 100% e as eficientes (eficiência 100%), respectivamente. Essas tabelas possuem, para cada DMU, os dados de entrada (*input*), de saída (*output*), pesos e eficiência. Procurou-se mostrar com a escolha desse intervalo há uma grande parte de DMUs de eficiência abaixo de 20%.

A seguir será analisado o comportamento dos valores dos *inputs* e *output* DMUs pertencentes a cada faixa de eficiência citada. Para maior visualização dos resultados foi utilizada uma escala quadrática para os *inputs* e valor normal para o *output* na construção dos gráficos que estão mostradas no Anexo 11. Para constatar esse fato apresentam-se na figura 23, a seguir, dois gráficos: um com a escala normal e outro com a escala quadrática para os *inputs*.

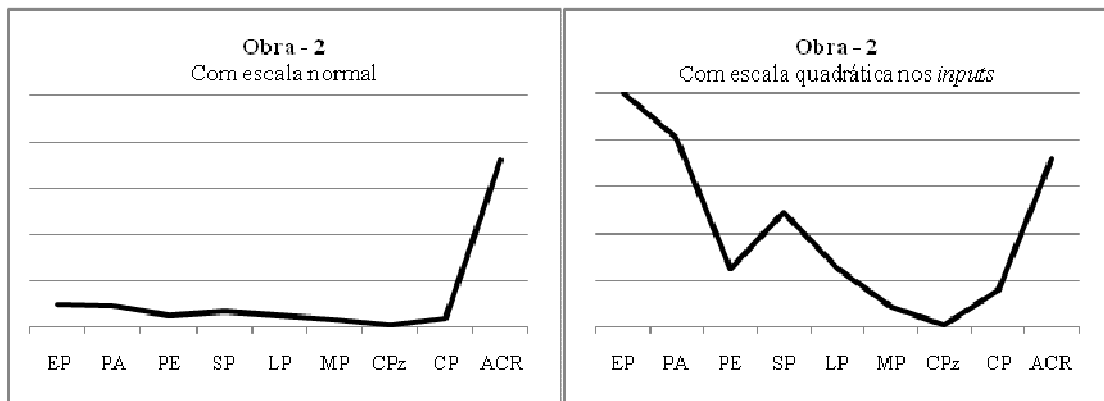


Figura 23 – Diferença de visualização de gráficos com escalas diferentes nos inputs

A partir desta análise gráfica, vão ser ilustradas as análises no entendimento de eficiência/ineficiência de algumas DMUs.

c.1) Análise de DMUs eficiente

DMU: Obra – 1

Esta DMU possui pontuações que indicam que a obra utiliza cinco áreas gerenciais fortemente (EP, PA, SP, LP, MP) e mediamente de outras três (PE, CPz, C). Desta forma, consegue obter o maior nível de redução de desperdício no grupo de obras pesquisadas.

Observa-se também que, para ser eficiente, essa DMU se utiliza somente da estratégia de produção, ou seja, somente essa área gerencial tem peso para se obter eficiência 100%. Esse comportamento é mostrado na tabela 14 e no gráfico da figura 24.

Tabela 14 – Dados da DMU (Obra - 1)

	Inputs								Output
	EP	PA	PE	SP	LP	MP	CPz	CP	ACR
Dados	10	8	6	9	10	9	6	5	94.889
Peso	0.100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

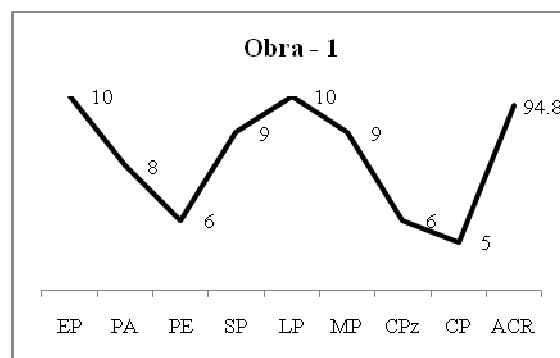


Figura 24 – Comportamento dos Inputs e Output da DMU (Obra - 1)

Na análise do gráfico da figura 19, verifica-se que o peso para o resultado que esta DMU obtém recai sobre EP que, segundo a análise dos pesos das DMUs eficientes, é a área gerencial de maior importância. Também há uma utilização das áreas gerenciais PE e

CP, que fazem parte do bloco de áreas gerenciais mais relevantes para redução de desperdício. No entanto para sua eficiência as mesmas não são consideradas.

c.2) Análise de DMUs ineficiente (com eficiência entre 20% e 100%)

DMU: Obra – 15

Esta DMU possui pontuações que indicam que a obra se utiliza de cinco áreas gerenciais fortemente (EP, SP, LP, MP, CP) e mediamente três (PA, PE, CPz). Desta forma consegue obter pouca redução de desperdício, no grupo de obras pesquisadas, em relação aos níveis de utilização das ações gerenciais que pratica. São três as áreas gerenciais que possuem peso (PA, PE, MP), mas estas não foram apontadas na pesquisa como áreas de maior grau de importância para gerar redução de desperdício. Esse comportamento é mostrado na tabela 15 e no gráfico da figura 25.

Tabela 15 – Dados da DMU (Obra - 15)

	Inputs								Output
	EP	PA	PE	SP	LP	MP	CPz	CP	ACR
Input	10	5	6	9	10	8	7	8	8.258
Peso	0.000	2.255	2.406	0.000	0.000	0.432	0.000	0.000	

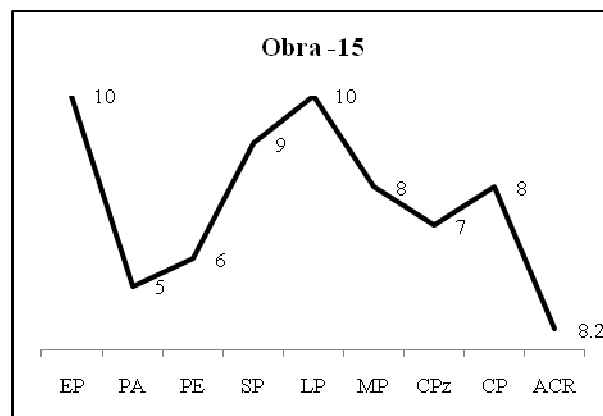


Figura 25 – Comportamento dos Inputs e Output da DMU (Obra - 15)

Na análise do gráfico da figura 25 verifica-se que essa DMU, mesmo com pesos para PA e PE, não consegue ser eficiente. Seu resultado para as áreas gerenciais EP e CP não são consideradas, ou seja, possuem peso nulo. Observa-se também que seu resultado de *output*, por ser baixo para os níveis de utilização das áreas gerenciais relevantes, influencia em seu desempenho como ineficiente.

c.3) Análise de DMUs ineficiente (com eficiência abaixo de 20%)

DMU: Obra – 30

Esta DMU possui pontuações que indicam que a obra se utiliza fortemente (graus de importância entre 8, 9 e 10) de todas as áreas gerenciais, com pesos em duas delas (EP, LP). Ainda assim não consegue obter redução de desperdício para os níveis de utilização das ações gerenciais que a torne eficiente. Esse comportamento é mostrado na tabela 16 e no gráfico da figura 26.

Tabela 16 – Dados da DMU (Obra - 30)

	Inputs								Output
	EP	PA	PE	SP	LP	MP	CPz	CP	ACR
Input	8	9	10	10	9	9	9	10	3.472
Peso	5.644	0.000	0.000	0.000	1.306	0.000	0.000	0.000	

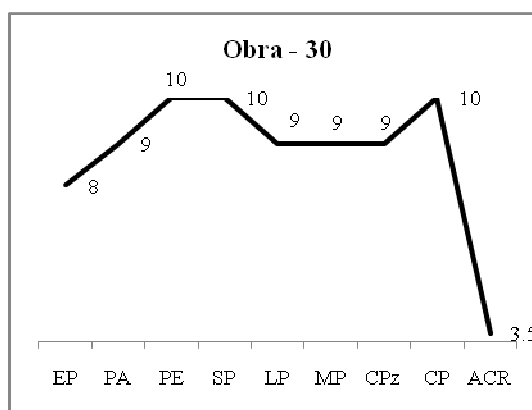


Figura 26 – Comportamento dos Inputs e Output da DMU(Obra – 30)

4.3.5 Análise da utilização de pesos e de fator de escala pela DEA

Observou-se que o processo da DEA, modelo BCC com orientação de saída (*output*), ocorre com a aplicação dos pesos das entradas (v), da saída (u) e fator de escala (v^*) de cada DMU em todas as outras, e, a partir daí verifica-se o comportamento das mesmas com relação à eficiência. Isso mostra que as condições de entrada e saída de certa DMU “K”, onde K assume valores de 1 a 31, podem ser favoráveis à eficiência de somente uma ou várias DMUs, ou seja, há mais de uma solução para tornar uma DMU eficiente. A tabela 17 mostra para as DMUs eficientes a quantidade de vezes que cada uma tornou-se eficiente com a aplicação dos pesos e fator de escala de outras DMUs e a média das eficiências que as mesmas atingiram com todas as aplicações. A tabela 18 mostra a quantidade de vezes que uma DMU com seus pesos e com seu fator de escala torna outras eficientes.

Tabela 17 – Comportamento das DMUs eficientes.

DMU	Quantidade	Média	DMU	Quantidade	Média
OBRA-1	17	81.0%	OBRA-13	4	23.6%
OBRA-2	28	98.6%	OBRA-16	4	24.5%
OBRA-5	4	49.1%	OBRA-18	6	27.7%
OBRA-6	3	27.4%	OBRA-19	12	43.8%
OBRA-9	2	23.0%	OBRA-20	1	13.4%
OBRA-10	19	71.6%	OBRA-22	7	28.2%

Tabela 18 – Quantidade de vezes que as DMUs são eficientes

DMU	Quantidade	DMU	Quantidade	DMU	Quantidade
OBRA-1	1	OBRA-11	3	OBRA-21	3
OBRA-2	3	OBRA-12	3	OBRA-22	6
OBRA-3	5	OBRA-13	4	OBRA-23	3
OBRA-4	3	OBRA-14	4	OBRA-24	3
OBRA-5	6	OBRA-15	4	OBRA-25	3
OBRA-6	3	OBRA-16	5	OBRA-26	2
OBRA-7	4	OBRA-17	2	OBRA-27	3
OBRA-8	2	OBRA-18	3	OBRA-28	3
OBRA-9	4	OBRA-19	4	OBRA-29	3
OBRA-10	5	OBRA-20	5	OBRA-30	3
---	---	---	---	OBRA-31	2

Na análise do comportamento de algumas DMUs da tabela 17 pode-se verificar que:

A DMU 2 (OBRA-2) é a que aparece com melhores resultados tanto na quantidade de vezes que é eficiente quanto na média de eficiência obtida com a aplicação de pesos de outras DMUs. Das 31 aplicações, esta DMU obteve 28 vezes eficiência 100%. Esse resultado mostra que a mesma tem um gerenciamento flexível devido à diversificação de ações gerenciais e ao alto nível de redução de desperdício que consegue obter em relação às demais DMUs.

A DMU 20 (OBRA-20) tem somente uma solução para se tornar eficiente que é a utilização de seus próprios *inputs*, *output*, fator de escala e pesos atribuídos pela DEA, enquanto que seus pesos e fator de escala são capazes de tornar outras quatro DMUs eficientes, além da mesma. O Anexo 12 mostra os resultados de todas as aplicações mencionadas.

Já analisando a tabela 18, nota-se que as condições da DMU 1 (OBRA-1) a torna um caso particular no grupo devido a suas condições serem adequadas somente a ela mesma, o que a faz obter um alto nível de redução de desperdícios. No entanto pode tornar-se eficiente com a utilização de dezesseis pesos e fator de escala de outras DMUs.

Verifica-se ainda que a DMU 5 (OBRA-5), mesmo não sendo eficiente, tem seus pesos e fator de escala adequados para que seis DMUs sejam eficientes.

4.4 Considerações sobre o capítulo

Neste capítulo, os resultados foram mostrados de forma seqüencial e cronológica de acordo com o desenvolvimento da pesquisa. A evolução da pesquisa tem início com a busca das variáveis na literatura, identificadas com as áreas gerenciais de tomadas de decisões em obras imobiliárias relacionadas a desperdícios. Essas áreas gerenciais funcionam como os constructos que emitem ações gerenciais que são tratadas como variáveis no bojo da pesquisa. As obras são unidades de tomadas de decisões, também denominadas de DMU (*Decision Making Unit*). Essa estrutura forma os elementos para aplicação da Análise Envoltória de Dados ou DEA (*Data Envelopment Analysis*).

O capítulo também mostra os resultados da seleção das variáveis e compara o processo de escolha realizada pelos professores e as respostas dos gerentes das obras que responderam aos questionários da pesquisa. Também analisa as convergências entre as opiniões desses participantes.

A aplicação da DEA nos dados da pesquisa procura responder à questão da pesquisa ao indicar as DMUs eficientes e ainda analisa os resultados dos números envolvidos nestas unidades tais como: valores das entradas, das saídas e pesos das entradas.

No final, ao analisar o processamento da DEA, ou seja, a maneira como é constatada a eficiência das DMUs, verifica-se que uma DMU pode ser eficiente com atribuições de diversos pesos. Nesse caso, esta se torna flexível dentro do grupo estudado.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES A TRABALHOS FUTUROS

5.1 Conclusões da pesquisa

A avaliação da eficiência, das obras da pesquisa, através da DEA, permitiu identificar as melhores áreas gerenciais, as quais demandam ações que reduzem desperdício em empreendimentos imobiliários. Pode-se mensurar o peso de participação de cada variável envolvida na avaliação das unidades. Nesse sentido, cabe ressaltar que a utilização da metodologia DEA como instrumento de apoio à decisão gerencial permitiu estudar a eficiência de cada obra separadamente considerando a forma de atuação das outras obras, com atribuição de pesos aos fatores, de forma a maximizar a eficiência relativa de cada obra. A pesquisa aponta a DEA como ferramenta para direcionamento de equipes de gerenciamento em obras de construção imobiliária.

A análise descritiva dos dados e do indicador de redução de desperdício utilizados na pesquisa sugerem que não há retornos constantes de escala, ou seja, proporcionalidade entre *inputs* e *output*. Dessa maneira o modelo DEA-BCC foi o mais apropriado para a construção da fronteira de eficiência. Esse modelo foi aplicado com orientação de *output*, ou seja, para um maior índice de redução de desperdício.

Dessa forma, a análise da fronteira de eficiência para o grupo de obras estudadas concluiu que:

- Há convergência entre professores e gerentes de obras com relação à área gerencial de maior importância para emitir ações que mais reduzem desperdícios em obras de empreendimentos imobiliários. As opiniões destes atores na pesquisa apontaram a estratégia de produção.
- Com relação às demais áreas gerenciais, também há convergência para a segunda melhor área cujas ações são relevantes na redução de desperdício, no caso, o planejamento de longo prazo.

Ao analisar a tabela 10, constata-se que quatro áreas gerenciais (EP, PE, CP e PA), em ordem decrescente de importância a partir do estabelecimento de pesos pela DEA,

são mais influentes na redução de desperdícios. Percebe-se neste resultado que, para o grupo de obras pesquisado, a área gerencial denominada Estratégia de Produção (EP) em uma escala de 100, tem pontuação equivalente a 28, enquanto a segunda área gerencial mais importante é o Projeto Executivo, com pontuação 19,7, e a terceira o Controle da Produção, representado nesta escala pelo valor 19,3. Vale salientar que a Estratégia de Produção se torna 23,9 vezes mais importante que a de menor importância que, no caso, é o Planejamento de Médio Prazo (MP).

Considerando que o nível de importância dada pelo gerente de uma obra a determinada área gerencial está relacionado ao nível de investimento na gestão da obra, os resultados da pesquisa apontam que uma DMU (Obra) pode ser eficiente em várias situações. Entre estas situações estão:

- A obra 1 que pratica médios a altos níveis de importância às áreas gerenciais e obtém elevados índices de redução de desperdícios. Também podem ocorrer médios, como no caso da obra 9.
- As obras 2, 5 e 6, que praticam altos e baixos níveis de importância para as áreas gerenciais e obtém elevados índices de desperdícios.
- Ao analisar os gráficos do anexo 9, especificamente as DMUs eficientes, pode-se chegar à eficiência com pouco nível de importância de uma ou mais áreas gerenciais, na gestão da obra, desde que seja dada relevância a estas ações em áreas mais importantes para a redução de desperdício, que é indicada pelos pesos estipulados na metodologia DEA.

A aplicação da DEA torna os gerentes de obras capazes de observar em quais áreas gerenciais deve haver maior ou menor aplicação de ações para que a obra se torne mais eficiente na redução de desperdício. Também é possível aprofundar a aplicação da DEA e encontrar fatores de *benchmark* que auxiliem os gerentes de obras a tornar eficientes as obras ineficientes no tema da pesquisa.

Redução de desperdício na construção civil é um tema incluído em disciplinas de curso de graduação em todo o país. Entre outras disciplinas, podemos citar as que se referem ao meio ambiente, à construção sustentável e ao tratamento de resíduos sólidos como aquelas relacionadas à gestão, ao projeto, ao gerenciamento, ao planejamento e ao controle na construção civil. Esta pesquisa mostrou uma forma de como tratar um tema que faz parte de

um processo multidisciplinar através da avaliação de ações gerenciais e pode-se incluir esta discussão nestas diversas disciplinas, ampliando o conhecimento dos graduandos no tratamento deste tema.

Portanto, tanto o setor empresarial como o acadêmico podem utilizar-se dos resultados encontrados na pesquisa e buscar aplicações da metodologia empregada para melhoria dos resultados em gestão e na produção de conhecimento científico.

5.2 Recomendações para trabalhos futuros

Esta pesquisa mostra que se pode buscar o aprimoramento de trabalhos com utilização da DEA na construção civil, visto que ainda é muito incipiente o nível de uso desta ferramenta nesta área de conhecimento.

A partir daí sugere-se possibilidades de desenvolver pesquisas que envolvam:

- Buscar indicadores na literatura, que possam medir a utilização das ações gerenciais e aplicá-los como dados de entrada, como também outros índices para saída de dados.
- Pesquisar outras ferramentas utilizadas na construção civil para medir eficiência gerencial e comparar com a aplicação da DEA.
- Modelar a aplicação da DEA, envolvendo subsetores da construção civil tais como: obras públicas, habitação de interesse social, saneamento, estradas, barragens, para se obter uma análise da produtividade na construção civil no Brasil.
- Aplicar esta metodologia para calcular os fatores de *benchmark* a serem aplicados nas obras ineficientes e encontrar os valores das variáveis ideais (alvo) para que se tornem eficientes. Estes valores irão orientar os gerentes das obras na sua gestão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOPYAN, V.; SOUSA, U. E. L.; PALIARI, J. C.; ANDRADE, A. C. Alternativas para redução do desperdício de materiais nos canteiros de obra, **Coletânea Habitare**, Volume 2, 480p, 224 – 249, Porto Alegre, 2003.

AGUIAR, A. G. D. B. **Subcontratação: uma opção estratégica para a produção**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

AKKARI, A.M.P. **Interligação entre o planejamento de longo, médio e curto prazo com o uso do pacote computacional MSPROJECT**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). 2003. 145f. Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE), Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003.

ALARCÓN, L. F.; CALDERÓN, R. Implementing lean production strategies in construction companies. **Journal of Construction Engineering and Management**, 2004. Disponível em: <<http://www.ascelibrary.org>>. Acesso em: 30 jan. 2010.

ALVES, T. C. L.; TOMMELEIN, I. D.; BALLARD, G. Simulation as a tool for production system design in construction. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE IGLC, 14, 2006, Santiago, **Anais...** IT Support for lean construction, July, 2006, p. 341 – 353.

ALVES, T. C. L. **Diretrizes para a Gestão dos Fluxos Físicos em Canteiros de Obras – Proposta Baseada em Estudos de Casos**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE), Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2000.

ARANTES, E. M.; SOARES, S. J. D. M. Resultados da gestão do processo de projeto em um empreendimento de engenharia pelo sistema SISAC. WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS. 7., 2007, Curitiba. **Anais...** Curitiba: VII WBGPPCE, 2007.

ASSUMPÇÃO, J. F. P.; LIMA JR, J. R. Gerenciamento de Empreendimentos na Construção Civil: Modelo para Planejamento Estratégico da Produção de Edifícios. 1996. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo.

BABBIE, E. **Métodos de pesquisas de survey**. 1.ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2001, 519p.

BALLARD, G.; HOWELL, G. Shielding Production: an essential step in production control. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 124, n 1, p. 11-17, Jan/Feb, 1998.

BALLARD, G.; HOWELL, G. What kind of production is construction?. ANNUAL CONFERENCE OF THE IGLC, 6, Guarujá, 1998, **Anais...**

BALLARD, G.; KOSKELA, L.; HOWEL, G.; ZABELLE, T. Production system in construction. ANNUAL CONFERENCE OF THE IGLC, 9, National University of Singapore, Agosto, 2001, **Anais...**

BANKER, R.D.; COOPER, W.W.; SEIFORD, L.M.; ZHU, J. **Handbook of DEA**. Boston: Kluwer Academic Publishers. 2004, p 41 – 73.

BANKER, R.D.; CHARNES, A.; COOPER, W.W. Some models for stimulation technical and scale inefficiency in data envelopment analysis. **Management Science**, v.30, n.9, p. 1078-1092, 1984.

BARBOSA, S. L. A abordagem clássica da estratégia já morreu? – Uma análise da evolução do conceito de estratégia nos meios de referência dos atores organizacionais. ENCONTRO DA ANAD, 33., 2008, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: EnANPAD, 2008. CD-ROOM.

BARBOSA, M. F.; SERRA, S. M. B. Estratégia de produção de edifícios verticais com inversão total dos serviços. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 3., 2003, São Carlos. **Anais...** São Carlos: III SIBRAGEC, 2003. CD-ROOM.

BARR, R. S., **DEA Software tools and technology**, In W.W. Cooper, L.M. Seiford, and J. Zhu, handbook on Data Envelopment Analysis. Boston: Kluwer Academic Publishers, pp 539 – 566. 2004.

BARROS NETO, J. P. **Proposta de um modelo de formulação de estratégia de produção para pequenas empresas de construção habitacional**. 1999. Tese (Doutorado em Administração) – Escola de Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

BERNARDES, M. M. S.; FORMOSO, C. T. Diretrizes para avaliação de sistemas de planejamento e controle da produção de micro e pequenas empresas de construção. In: 9th ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: IX ENTAC, 2002.

BERNARDES, M. M. S. Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil. 1.ed. Rio de Janeiro: **LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.**, 2003, 190p.

BLAK, G. **Gestão contratual: Desenvolvimento de metodologia de administração contratual aplicado à engenharia civil**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Produção Civil) – Universidade Federal Fluminense, Niteroi.

BOMTEMPO, M.S.; SILVA, D.; GARCIA, M.N.; CODA, R. Estudo dos motivos da escolha do curso de administração de empresas por meio da modelagem de equação estruturais. In. XXXI ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA ADMINISTRAÇÃO. 31., 2007, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro:XXXI EnANPAD 2007,.

BRANDENBURG, S. G.; HASS, C. T.; BYROM, K. Strategic Management of human resources in construction. **Journal of Construction Engineering and Management** , Vol 22, Nr 2, p 89 – 96, abril, 2006.

BRASILEIRO NETTO, J.; FREITAS, A. A. F.; NOVAES, L. N. S. Alianças estratégicas para inovações na construção civil em Fortaleza – o caso INOVACON. In. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 3., 2003, São Carlos. **Anais...** São Carlos: III SIBRAGEC, 2003.

BRAZ, G. F. **Aplicação de um método quantitativo e comparado, a análise de envoltória de dados (DEA), para avaliação do desempenho dos departamentos acadêmicos da Universidade Estadual de Montes Claros**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

BROTTI, M. G.; LAPA, J. S. Modelo de Avaliação do Desempenho da Administração da Escola sob os Critérios de Eficiência, Eficácia, Efetividade e Relevância. **Avaliação (Campinas)**, v. 12, p. 625-661, 2007.

BULHÕES, I. R. **Método para medir o custo de perdas em canteiro de obras: Proposta baseada em dois estudos de caso**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Escola Politécnica – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2001.

CARDOSO, S.C.P.; BATISTA, P.C.S. Capital de risco para pequenas e médias empresas inovadoras. In. ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA ADMINISTRAÇÃO, 32., 2008. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: EnANPAD, 2008.

CARVALHO, A. C. N. **Uma análise de relação entre o escritório de arquitetura e a pequena ou média construtora sob a ótica de parceria na gestão do empreendimento imobiliário.** 2003. Dissertação (Mestrado em Administração de Concentração: Pequena e Média Empresa) – Centro de Estudos Sociais, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2003.

CESCONETTO, A.; LAPA, J. S.; CALVO, M. C. M. Avaliação da eficiência produtiva de hospitais do SUS de Santa Catarina. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.24. n. 10, p. 2407-2417, out. 2008.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v.2, n.6, p. 429-444, 1978.

CHAVES, A.C.A. **Avaliação de eficiência em DMU(Decision Making Units) utilizando a tecnologia DEA(Data Envelopment Analysis). Estudo de caso: Unidades de atendimento do INSS, agências da previdência social, da gerência executiva Fortaleza.** 2007. Dissertação (Mestrado em Computação), Universidade Estadual do Ceará e Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará. Fortaleza, 2007.

CODINHOTO, R.; MINOZZO, D. L.; HOMRICH, M. C.; FORMOSO, C. T. Análise de restrições: definição e indicador de desempenho. 2003. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 3., 2003, São Carlos. **Anais...** São Carlos: III SIBRAGEC, 2003.

COLOMBO, C.R. BAZZO, W.A. Desperdício na construção civil e a questão habitacional: um enfoque CTS, Artigo, Anais do XXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 21., 2001 Salvador. **Anais...** Salvador: XXI ENEGEP, 2001.

COOPER, D. R.; SCHINDLER, P.S. **Métodos de pesquisa em administração** 7.ed. São Paulo: Bookman, 2002. 640p.

COOPER, W. W.; SEIFORD, L.M.; J. ZHU. Handbook on Data Envelopment Analysis, Boston/Dordrecht/London. **Kluwer, Academic Publishers.** 2004.

COOPER, W. W.; SEIFORD, L.M.; TONE, K. Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, reference and DEA-solver software. **Boston. Kluwer Academic Publishers,** 2000. 317p.

CORDEIRO, C. C. C.; COSTA, D. B.; FORMOSO, C. T. Ferramenta para explicitação de estratégia: estudo baseado em pequenas e médias empresas de construção civil. **Revista Sitientibus**, Feira de Santana, n. 35, p. 149-173, jan./dez. 2006

COSTA, D. B.; FORMOSO, C. T.; LANTELME, E. M. V. Critérios para desenvolvimento de sistemas de indicadores de desempenho vinculados aos objetivos estratégicos de empresas da construção civil. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 22., 2002, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ENEGEP, 2002. CD-ROOM.

CUNHA, B. T.; MELLO, J. C. C. B. S.; MEZA, L. A. Implementação computacional de modelos da Análise Envoltória de Dados, seleção de variáveis e um estudo de caso em avaliação educacional. In: III EUROPEAN-LATIN-AMERICAN WORKSHOP ON ENGINEERING SYSTEMS - III SELASI, 2007, Curicó. III EUROPEAN-LATIN-AMERICAN WORKSHOP ON ENGINEERING SYSTEMS - III SELASI, 2007. **Anais...**

DALMAS, J. C. Aplicação da análise estatística multivariada e da análise de envelopamento de dados (DEA) no estudo da eficiência de cursos de graduação. In: 50 REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 50., SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 11., 2005, Londrina. **Anais...** Londrina: RBRAS/SEAGRO, 2005.

DEMO, P. **Metodologia científica em ciências sociais**. São Paulo, Editora Atlas, Ed. 3, 1995, 293p.

DIDONET, S.R.; LARA, J.E.; JIMENÉZ, D.P. Eficiencia Productiva y Estrategias en la Distribución Comercial: El Caso de los Supermercados Brasileños. XXX ENCONTRO DA ANPAD, 30., 2006, Salvador. **Anais...** Salvador, 2006.

DUARTE, T. M. P.; SALGADO, M. S. O projeto executivo de arquitetura como ferramenta para o controle da qualidade na obra. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9, 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: ENTAC, 2002.

DYSON, R. G.; ALLEN, R.; CAMANHO, A.; PODINOVSKI, V. V.; SARRICO, C. S.; and SHALE. E. A. (2001), Pitfalls and Protocols in DEA, **European Journal of Operation Research**, 132(2), 245-259.

EILAT, H.; GOLANY, B.; SHTUB, A. Constructing and evaluating balanced portfolios of R&D projects with interactions: A DEA based methodology. **European Journal of Operational Research**. 172, p. 1018-1039, 2006.

EKANAYAKE, L. L.; OFORI, G. **Construction material waste source evaluation. Proceedings: Strategies for a Sustainable Built Environment**, Petroria, p. 23 – 25, Aug. 2000.

FABRÍCIO, M. M.; MELHADO, S. B. Gestão integrada do desenvolvimento de produto na construção de edifícios. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 3., 2003, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFCAR, 2003.

FABRÍCIO, M. M.; MELHADO, S. B. Projeto simultâneo: uma abordagem colaborativa para o processo de projeto. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo: EPUSP, n. 347, 2003

FARAH, M. F. S. Estratégias empresariais e mudanças no processo de trabalho na construção habitacional no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL EM TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1993, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ENTAC, 1993. v. 2. p. 581-590.

FERREIRA, S. L. Da engenharia simultânea ao modelo de informações de construção (BIM): contribuição das ferramentas ao processo de projeto e produção e vice-versa. WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS. 7., 2007, Curitiba. **Anais...** Curitiba: VII WBGPPCE, 2007.

FERREIRA, R. C. Os diferentes conceitos adotados entre gerência, coordenação e compatibilização de projeto na construção de edifícios. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 1., 2001, São Carlos. **Anais...** São Carlos: I WBGPPCE, 2001.

FERREIRA, R. C.; SANTOS, E. T. A percepção de interferências espaciais através de desenhos 2D e modelos 3D por profissionais de projeto de edifícios. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 7., 2007, Curitiba. **Anais...** Curitiba: VII WBGPPCE, 2007.

FIGUEIREDO, F. G.; SILVA, V. G.; PICCHI, F. A. Processos de projetos integrados: comparação entre abordagens visando à qualidade e ao desempenho ambiental de edificações. ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., 2008, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: XII ENTAC, 2008.

FONTENELLE, E. C.; MELHADO, S. B. As melhorias práticas na gestão do processo de projeto em empresas de incorporação e construção. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: ENTAC, 2002. CD-ROOM

FORMOSO, C. T. Planejamento e controle da produção de empresa de construção. **NORIE – UFRS**, Porto Alegre. 2001.

FORMOSO, C. T.; DE CESARE, C. M.; LANTELME, E. M. V.; SOIBELMAN, L. Perdas na construção civil: conceitos, classificações e indicadores de controle. **Egatea**, Porto Alegre, v. 25, n. 2, p. 45-53, 1997.

FORMOSO, C. T.; SOIBELMAN, L.; CESARE, C.; ISATTO, E. L. Material Waste in building industry: Main causes and prevention. **Journal of Construction engineering and Management – ASCE**. v. 128, n. 4, p. 316-325, jul./ago. 2002.

FRANCO, L. S.; AGOPYAN, V. Implementação da racionalização construtiva na fase de projeto. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo: EPUSP, n. 94, 1993.

FREITAS, H.; OLIVEIRA, M.; SACCOL, A. Z.; MOSCAROLA, J. O método de pesquisa survey. **Revista de Administração**, São Paulo, v. 35, n.3, p. 105 – 112, jul./set. 2000.

GIANDON, A. C.; MENDES JUNIOR, R.; SCHEER, S. Gerenciamento eletrônico de documentos no processo de projetos de edifício. In: **WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS**, 1., 2001, São Carlos. **Anais...** São Carlos: I WBGPPCE, 2001.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4a Ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

GONÇALVES, E. P. **Iniciação à pesquisa científica**. 4a Ed. São Paulo: Editora Alínea, 2007.

ISATTO, L. E.; FORMOSO, C. T.; CESARE, C. M.; ALVES, T. C. L. Lean Construction: Diretrizes e ferramentas para o Controle de Perdas na Construção Civil. 1. ed. Porto Alegre: **Série SEBRAE Construção Civil**, 2000. 177p.

JARVIS, C. B.; MACKENZIE, S. B.; PODSAKOFF, P. M. A critical review of construct indicators and measurement model misspecification marketing and consumer research. **Journal of Consumer Research**, v.30, p.199-218, Sep. 2003.

JONSSON, J. **Construction site productivity measurements – selection, application and evaluation of methods and measures**. Doctoral thesis, Lulea University of Technology, Department of Civil and Mining Engineering, 1996.

KAMEI, C. G.; FRANCO, L. S. Projeto para produção – uma discussão sobre os fluxos e processos de projeto. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 1., 2001, São Carlos. **Anais...** São Carlos: I WBGPPCE, 2001.

KASSAI, S. **Utilização da Análise Envoltória de Dados (DEA) na análise de demonstrações contábeis.** 2002. Tese (Doutorado em Contabilidade e Controladoria) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

KERN, A. P. **Proposta de um modelo de planejamento e controle de custos de empreendimentos de construção.** 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

KOSKELA, L. Application of the new production philosophy to construction. Stanford University: Center for Integrated Facility Engineering, **CIFE Technical Report**, p.72, 1992.

KOSKELA, L.; VRIJHOEL, R. Is the current theory of construction a hindrance to innovation? **Building Research & information** v.29, n. 3, p 197 – 207, maio. 2001.

KUBOTA, L.C.; NOGUEIRA, A.R.R.; MAZZON, J.A. O relacionamento entre a administração estratégica e resultados empresariais: Uma aplicação de modelos de PLS de segunda ordem a empresas brasileiras de software. In. ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA ADMINISTRAÇÃO. 31., 2007, Rio de Janeiro. **Anais...**Rio de Janeiro: EnANPAD, 2007.

LARCHER, J. V. M.; SANTOS, A. Flexibilidade e adaptabilidade: princípios para expansão em projetos de habitação de interesse social. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 7., 2007, Curitiba. **Anais...** Curitiba: VII WBGPPCE, 2007.

LIN, C. Y.; OKUDAN, G. E. An exploration on the use of data envelopment analysis. **Journal of Industrial Engineering Management System - IEMS.** v. 8, n. 1, p. 47-53, March. 2009.

LOPES, A.; LANZER, E.; LIMA, M.; COSTA JR, N. DEA investment strategy in the Brazilian stock market. **Economics Bulletin.** v.13, n.2, p 1-10, 2008.

LOPES, R. A.; AMORIM, S. R. L. Modelo do processo de projeto de edificações In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 4., 2004, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: IV WBGPPCE, 2004.

MACEDO, M. A. S.; OLIVEIRA, M. A. de. Avaliação Estratégica de Ativos Intangíveis: uma proposta de modelagem DEA aplicada ao valor da marca e performance organizacional de bancos no mercado brasileiro. In: ENCONTRO DE ESTUDOS EM ESTRATÉGIA, 2., 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2005

MACEDO, M. A. S.; STEFFANELLO, M.; OLIVEIRA, C. A. Eficiência Combinada dos Fatores de Produção: aplicação de Análise Envoltória de Dados (DEA) à produção leiteira. **Custos e Agronegócio Online**. v. 3, p. 59-86, 2007.

MACEDO, M.; SILVA, F. Análise de desempenho organizacional: utilizando indicadores financeiros e não-financeiros na avaliação de performance empresarial. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA ADMINISTRAÇÃO. 28., 2004, Curitiba. **Anais...** Curitiba: EnANPAD, 2004. CD-ROOM.

MACHADO, R. L. **A sistematização de antecipações gerenciais no planejamento da produção de sistemas de construção civil**. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

MAIA, A. C. **Método para conceber o arranjo físico dos elementos do canteiro de obras de edifícios: fase criativa**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

MARCHESAN, P. R. C. **Modelo integrado de gestão de custo e controle da produção para obras civis**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

MARQUES, F. M.; SALGADO, M. S. Padrões de sustentabilidade aplicados ao processo de projeto. WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS. 7., 2007, Curitiba. **Anais...** Curitiba: VII WBGPPCE, 2007.

MARTIN, A. P. S.; FORMOSO, C. T. Indicadores para a seleção de tecnologias de edificação baseada na gestão de processos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2000, Florianópolis, Anais... Florianópolis: EnANPAD, 2000.

MARTINS, G. A.; PELISSARO, J. Sobre conceitos, definições e constructos nas ciências contábeis. **BASE – Revista de Administração e Contabilidade da Unisinos**. Caxias do Sul, v.2, n.2, p 78-84, maio/ago. 2005.

MARTINS, M. G. **A formação de parcerias como alternativa para impulsionar a inovação na produção de edifícios**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

MCDONALD, B.; SMITHERS, M. Implementing a waste management plan during the construction phase of a Project: a case study. **Construction Management and Economics**, n 16, p. 71 – 78, 1998.

MELLO, J. C. B. S.; MEZA, L. A.; GOMES, E. G.; BIONDI NETO, L. Curso de análise envoltória de dados In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 37., 2005, Gramado. **Anais...** Gramado: SBPO, 2005.

MELLO, J. C. B. S.; MEZA, L. A.; GOMES, E. G.; SERAPIÃO, B. P.; LINS, M. P. Análise de envoltória de dados no estudo da eficiência e dos benchmarks para companhias aéreas brasileiras. **SOBRAPO Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional**, v.23, n.2, p.325-345, Maio/ Ago. 2003

MESQUITA, M. J. de M.; MELHADO, S. B. Relação entre a atividade de projeto e o desenvolvimento da tecnologia na construção de edifícios: Inserção do valor tecnológico em sistemas de gestão de qualidade. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 4., 2004, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: IV WBGPPCE, 2004.

MEZA, A. L.; BIONDO NETO, L.; MELLO, J. C. B. S.; GOMES, E. G.; COELHO, P. H. G. **SIAD - Sistema Integrado de Apoio à Decisão: Uma Implementação Computacional de Modelos de Análise Envoltória de Dados**. SIMPÓSIO DE ESQUISA OPERACIONAL DA MARINHA, 6. SIMPÓSIO DE LOGÍSTICA DA MARINHA, 7., 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SPOLM, 2003.

MIKALDO JR, J.; SCHEER, S. Compatibilização de projetos ou engenharia simultânea: qual é a melhor solução? In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 7., 2007, Curitiba. **Anais...** Curitiba: VII WBGPPCE, 2007.

MIRANDA, C. M. G. ET. AL. Um modelo para o sistema de construção enxuta a partir do Sistema Toyota de Produção. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23. 2003, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: ENEGEP/ABEPRO, 2003.

MORAES, A.; PANDOLFO, A.; REINEHR, R.; GUIMARÃES, J.; PANDOLFO, L. Implementação computacional na avaliação de projetos de obras de infra-estrutura: aplicação em habitação de interesse social. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 7., 2007, Curitiba. **Anais...** Curitiba: VII WBGPPCE, 2007.

MUTTI, C. N. **Estratégia de produção na construção civil**. Florianópolis: UFSC, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, Curso de Especialização, 1999. 70p.

NASCIMENTO, T.C.; DANTAS, A.B.; MILITO, C.M.; LIMA, M.O.; SANTOS, P.C.F. Potencial Empreendedor em Alunos de Ensino Superior: Testando a Metodologia de Kristiansen e Indarti em Alagoas. In. ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA ADMINISTRAÇÃO. 31., 2007, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: EnANPAD, 2007.

NETEMEYER, R. G.; BEARDEN, W. O.; SHARMA, S. **Scaling procedures – Issues and applications**. London, SAGE Publications, 2003. 206p.

NOVAES, C. C. Ações para controle e garantia da qualidade de projetos na construção de edifícios In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 1., 2001, São Carlos. **Anais...** São Carlos: I WBGPPCE, 2001.

NOVAES, M. V.; MOURÃO, C. A. M. A. **Manual de gestão ambiental de resíduos sólidos na construção civil**. Fortaleza, Coopercon – Cooperativa da Construção Civil do Estado do Ceará. 1ª Edição, 2008. 100p.

OLIVEIRA, R.; GRAFFUNDER, P. A. A qualidade atual dos projetos de edifícios residenciais, sob a ótica dos agentes da obra – estudo de caso. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 4., 2004, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: IV WBGPPCE, 2004.

OLIVEIRA, R. R. Metodologia para melhoria da qualidade e produtividade em obras habitacionais de caráter repetitivo. **Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ANTAC, Coletânea Habitare**, Porto Alegre, 2003, Vol 2, p 396-421.

OLIVEIRA, R. R. Gestão total dos processos das alvenarias. Edição única, Florianópolis, **Universidade Federal de Santa Catarina**, 1995, 98p.

OLIVEIRA, S. L. In: Tratado de metodologia científica. 1.ed. São Paulo, 1998. **Terceira parte**, Cap. 9, p. 105-232.

OLIVEIRA, W. S.; FARIAS FILHO, J. R. Sistema de administração da produção para a construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 18., 1998, Niterói. **Anais...** Niterói: XVIII ENEGEP, 1998.

PAIVA, E. L. **Conhecimento organizacional e o processo de formulação de estratégias de produção.** 1999. Tese (Doutorado em Administração) – Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999.

PAIVA, M.; SOARES, C. Processo de projeto sob a ótica do desenvolvimento sustentável. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 7., 2007, Curitiba. **Anais...** Curitiba: VII WBGPPCE, 2007.

PALIARI, J. C.; SOUZA, U. E. L. Sistema GESCONMAT: a redução das perdas de blocos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA DO AMBIENTE CONSTRUIDO, 11., 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ENTAC, 2006.

PANDOLFO, A.; SELIG, P. M.; LUBLO, R.; PANDOLFO, L.; KUREK, J. O Processo de Avaliação de Projetos com Base no Conceito de Valor Aplicado em Habitação Multifamiliar. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 7., 2007. **Anais...** Curitiba: VII WBGPPCE, 2007.

PAULA, E. C. P.; GUARIENTE JUNIOR, G. Análise da etapa de preparação do processo de PCP em uma empresa de pequeno porte. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 3., 2003, São Carlos. **Anais...** São Carlos: III WBGPPCE, 2003.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana.** 1999. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 1999.

QUEVEDO, J. R. S.; SCHEER, S. Administração de conflitos na gestão de processo de projetos em ambientes colaborativos. WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 7., 2007, Curitiba. **Anais...** Curitiba: VII WBGPPCE, 2007.

RODRIGUES, A. A. O projeto do sistema de produção no contexto de obras complexas. 2006. 166 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

RODRIGUEZ, M. A. A. Coordenação técnica de projetos: caracterização e subsídios para sua aplicação na gestão do processo de projeto de edificações. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

RODRIGUEZ, M. A. A.; HEINECK, L. F. M. A construtibilidade no processo de projeto de edificações. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2., 2002. Anais...

RUSSELL, A.; STAUB-FRENCH, S.; TRAN, N.; WONG, W. Visualizing high-rise building construction strategies. **Journal Automation in Construction** Vol 18, p 219 – 236. 2009.

RUTKOWSKI, J. E. ; SILVA, G. P. ; ROCHA, T. P. . O uso da Análise por Envolvimento de Dados (DEA) para realização de benchmarking em empresas de mineração baseado nos critérios dos PNQ's. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 21., 2001, **Anais...** Salvador: XXI ENEGEP, 2001.

SAN MARTIN, A. P.; FORMOSO, C. T. Método de avaliação de sistemas construtivos para a habitação de interesse social sob o ponto de vista da gestão de processos de produção. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ENTAC, 1998.

SANTOS, D. G.; AMARAL, T. G do. Construtibilidade dos projetos de alvenaria estrutural. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2001, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFCar, 2001.

SANTOS, M. T. S.; MOCCELLIN, J. V. O projeto da produção e a programação integrada a um Sistema de Administração da Produção voltado para a construção civil. In: XIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 19., 1999, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ENEGEP, 1999.

SARKIS, J. A comparative analysis of DEA as a discrete alternative multiple criteria decision tool. **European Journal of Operational Research**. n.123, p. 543-557, 2000.

SCHNEIDER, C. C. M. Projeto x produção de habitações sociais. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2001, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFCar, 2001.

SCHRAMM, F. K.; COSTA, D. B.; FORMOSO, C. T. O projeto do sistema de produção na gestão de empreendimentos habitacionais de interesse social. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6(2), n. 2, p. 59-74, 2006.

SCHRAMM, F. K.; FORMOSO, C. T. Uso de simulação interativa visual no projeto de sistemas de produção de empreendimento da construção civil. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 3, 2007, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: TIC, 2007.

SERRA, S. M. B.; PALIARI, J. C. Desenvolvimento de ferramentas gerenciais para o projeto do canteiro de obras. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2001, São Carlos. **Anais...** São Carlos: I WBGPPCE, 2001.

SILVA, M. V. F. P.; NOVAES, C. C. A coordenação de projetos de edificações: estudos de caso. **Gestão & Tecnologia de Projetos**. v. 3, n. 1, p. 44-78, maio. 2008.

SILVA, S.; SANTOS, A. Comunicação organizacional em empresas construtoras sob a ótica do planejamento estratégico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO. 3., 2003, São Carlos. **Anais...** São Carlos: SIBRAGEC, 2003. CD-ROOM.

SKOYLES, E. R.; SKOYLES, J. R. Waste prevention on site. 1.ed.London: **The Mitchell Publishing Company Limited**, 1987, 208p.

SLAUGHTER, E. S. Builders as sources of construction innovation. **Journal of Construction Engineering and Management**, Vol 119, Nr 3, p 532–549, Set. 1993.

SOARES, A. C. **Diretrizes para a manutenção e o aperfeiçoamento do processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras**. 2003. Monografia (Mestrado em Engenharia na modalidade Profissional) – Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

SOIBELMAN, L. **As perdas de materiais na construção de edificações: sua incidência e seu controle**. 1993. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1993.

SOLANO, R. S. Indicadores operacionais de produtividade e qualidade para edificações de alto padrão na cidade de Porto Alegre: Em estudo exploratório de levantamento na fase de projeto e relacionamento com a função do custo unitário de construção. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 7., 2007, Curitiba. **Anais...** Curitiba: VII WBGPPCE, 2007.

SOTERIOU, A. C.; STAVRINIDES, Y. An internal customer service quality data envelopment analysis model for bank branches. *International Journal of Bank Marketing*. MCB University Press. 2000, p. 246 – 252

SUEYOSHI, T.; GOTO, M. Metodological comparison between DEA (data envelopment Analysis) and DEA-DA(discriminant analysis) from the perspective of bankruptcy assessment. **European journal of Research**. n. 199, p. 561-575, 2009.

SOUZA, U. E. L.; PALIARI, J. C.; AGOPYAN, V.; ANDRADE, A. C. Diagnóstico e combate à geração de resíduos na produção de obras de construção de edifícios: uma abordagem progressiva. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.4, n. 4, p 33 – 46. Out./Dez. 2004.

SOUZA, U. E. L. Redução do desperdício de materiais através do controle do consumo em obra. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 17., 1997, Gramado. **Anais...** Gramado: ENEGEP, 1997.

TALLURI, S. **Data Envelopment Analysis: Models and Extensions**. Design Line, May, 2000.

TZORTZOPOULOS, P. **Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

TZORTZOPOULOS, P., FORMOSO, C. T. Considerations on application of lean construction principles to design management. Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC-7), 7., Berkeley, 1999, **Anais...**

TZORTZOPOULOS, P., FORMOSO, C. T., BETTS, M. Planning the Product Development Process in Construction: an Exploratory Case Study. Proc. Ninth Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC-9), Singapore, Singapore, 2001.

VRIJHOEF, R.; KOSKELA, L. The four roles of supply chain management in construction. **European Journal of Purchasing & Supply Management**, n.6, p. 169-178, 2000.

ZEGARRA, S. L. V. **Gestão de materiais em empresas construtoras de edifícios: gestão dos fluxos de informações**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

ZHU, J. Quantitative models for performance evaluation and benchmarking. Edição Ilustrada, **Springer**, 2003, 297p.

ANEXOS

Anexo 1

Relação de variáveis por constructo

Tabela 1A - Constructo: Estratégia de Produção

Ações Gerenciais – Variáveis	Referência
Definir sequências e trajetória entre os serviços	Assumpção (1996).
Manter equipes de trabalho em regime contínuo	Assumpção (1996).
Usar técnicas de programação da obra	Assumpção (1996).
Fazer Planejamento e Controle da Produção	Barros Neto (1999).
Flexibilizar o produto	Barros Neto (1999).
Padronizar o produto	Barros Neto (1999).
Configurar as instalações da obra	Barros Neto (1999).
Utilizar máquinas e dispositivos de produção e segurança	Barros Neto (1999).
Utilizar tecnologia de armazenamento de materiais	Barros Neto (1999).
Terceirizar parte da produção da obra (gestão de Subcontratação)	Mutti (1999), Barros Neto (1999), Aguiar (2002).
Informatizar o sistema de comunicação	Barros Neto (1999).
Tratar e gerir o elemento humano (recrutamento, seleção, contratação, promoção, remuneração, motivação e treinamento)	Barros Neto (1999), Mutti (1999), Brandenburg (2006).
Manter sistema de segurança do trabalho	Barros Neto (1999).
Melhorar o ambiente de trabalho nas obras	Barros Neto (1999), Mutti (1999).
Gerenciar o controle de qualidade de produtos e processos da empresa	Barros Neto (1999).
Manter relacionamento com fornecedores	Barros Neto (1999).
Fixar políticas da empresa (obra pública ou privada, segmento de clientes, âmbito geográfico)	Silva e Santos (2003).
Utilizar novas tecnologias de edificação	Slaughter (1993), Martin e Formoso (2000), Koskela (2001), Kern (2005).
Instituir PSP (Projeto do Sistema de Produção)	Koskela (2001), Ballard et al (2001) apud Shramm (2006).
Utilizar sistema de gestão de custos	Kern (2005).

Tabela 1B - Constructo: Projeto arquitetônico

Ações Gerenciais – Variáveis	Referência
Customizar unidades do produto	Miranda et al (2003).
Elaborar projeto do canteiro	Miranda et al (2003).
Integrar projetos (Arquitetônico e complementares)	Figueiredo, Silva e Picchi (2008).
Compatibilizar os projetos complementares (estrutura, elétrico, Hidráulico, Sanitário, e outros)	Ferreira (2001), Carvalho (2003).
Elaborar o projeto e produto simultaneamente	Figueiredo, Silva e Picchi (2008).
Fazer interação de longo prazo entre arquiteto e executor	Carvalho (2003).
Utilizar trabalho de equipes multidisciplinares entre escritórios	Carvalho (2003).
Projetar com flexibilidade	Lane e Woodman (2000) apud Kern (2005).
Projetar de forma sequencial	Yazdani e Holmes (1999) apud Kern (2005).
Manter relação profissional entre Arquiteto, cliente e construtor	Koskela (2000) apud Kern (2005).
Projetar considerando independências existentes entre todas as áreas	Lawson (1998) apud Kern (2005).
Conhecer os objetivos e prioridades do cliente	Lawson (1998) apud Kern (2005), Vrijhoef e Koskela (2000).
Projetar obras com complexidade	Formoso et al (2002) apud Kern (2005).
Usar oficinas (WORKS SHOPS) colaborativos para desenvolver projetos	Ballard e Reiser (2004) apud Kern (2005).
Incorporar diferentes especialistas no processo de projeto	Ballard e Reiser (2004) apud Kern (2005).
Engajar fornecedores de subsistemas na busca de novas soluções de projetos	Ballard e Reiser (2004) apud Kern (2005).
Projetar em Ambientes Colaborativos (AC), com administração de conflitos	Quevedo & Scheer (2007), Ferreira (2007), Arantes e Soares (2007).
Projetar tendo como base o valor percebido pelo usuário e alternativas de concorrentes	Pandolfo et al (2007).
Usar engenharia simultânea e modelos de informação na elaboração de projetos	Ferreira (2007).
Avaliar projetos a partir de ferramentas específicas (computacional)	Moraes et al (2007).
Fazer uso de LEED associado ao projeto de arquitetura	Marques e Salgado (2007).
Permitir expansibilidade quanto ao dimensionamento arquitetônico e utilização	Larcher & Santos (2007).
Realizar análise crítica no encerramento do processo de projeto	Mesquita e Melhado (2004).

Tabela 1C - Constructo: Projeto executivo

Ações Gerenciais – Variáveis	Referência
Elaborar caderno de especificações detalhada de materiais e serviços previstos	ASBEA (2000) apud Carvalho (2003), Assumpção et al (2003), Kern (2005).
Detalhar elementos dos projetos para execução, fabricação ou montagem	Carvalho (2003), Kern (2005).
Criar zonas de cooperação que envolvam projeto e produto	Tzortzopoulos (1999).
Criar coordenação de projetos	Tzortzopoulos (1999), ASBEA (2000) apud Fabricio et al (2002), Solano (2007).
Proporcionar a participação do setor da produção da empresa junto aos projetistas	Fabricio et al (2002), Tzortzopoulos (1999) apud Carvalho (2003).
Prever a pré-fabricação em modularização	Koskela (1992) apud Kern (2005).
Simplificar detalhes e acabamentos	Kern (2005).
Elaborar orçamento de forma convencional ou operacional	Stone (1975) apud Kern (2005).
Utilizar o sistema CAD 3D na elaboração de projetos	Ferreira e Santos (2007).
Prever a gestão de resíduos sólidos	Marques e Salgado (2007).
Reaproveitar e reciclar materiais de demolição	Marques e Salgado (2007).
Utilizar materiais locais	Marques e Salgado (2007).
Utilizar materiais renováveis	Marques e Salgado (2007).
Criar banco de dados de tecnologia construtiva	Mesquita e Melhado (2004).
Segmentar o projeto em pacotes construtivos	Santos e Amaral (2001).
Organizar os projetos e detalhes construtivos em locais acessíveis e referências claras	Santos e Amaral (2001).
Usar sistema de Gerenciamento Eletrônico de Documentos (GED)	Giandon et al (2001).
Desenvolver o projeto executivo com a participação da equipe de execução	Kemei e Franco (2001).

Tabela 1D - Constructo: Projeto do Sistema de Produção

Ações Gerenciais – Variáveis	Referência
Usar técnicas lean construction	Balalrd & Howell (1998), Koskela (1992), Kern (2005).
Desenhar os processos do sistema construtivo	San Martin e Formoso (1998).
Utilizar avaliação da habilidade da mão de obra	San Martin e Formoso (1998).
Manter uma relação profissional de parceria com fornecedores	San Martin e Formoso (1998).
Prever variedade de materiais no sistema	San Martin e Formoso (1998).
Padronizar os processos construtivos (repetitividade)	Koskela (1992), Miranda et al (2003), San Martin e Formoso (1998), Kern (2005).
Executar processos fora do canteiro	San Martin e Formoso (1998).
Utilizar centrais de serviços	San Martin e Formoso (1998).
Gerenciar contrato (prática da administração contratual)	Blak (2000).
Manter flexibilidade da produção	San Martin e Formoso (1998).
Incluir independência dos processos construtivos	San Martin e Formoso (1998).
Selecionar tecnologias de edificação	Halpin e Woodheald (1976) apud Schramm (2006), San Martin e Formoso (1998),
Promover capacitação com treinamento	Heineck (1991) apud Oliveira (2003).
Definir a sequencia de execução	Schramm (2006), Akkari (2003).
Arranjar fisicamente as instalações da obra	Schramm (2006).
Realizar gestão do pessoal de produção	Schramm (2006).
Fazer seleção de equipamentos	Schramm (2006).
Selecionar a mão de obra considerando a experiência da equipe de produção	Schramm (2006).
Estudar o fluxo de trabalho (Linha de balanço)	Schramm (2006).
Elaborar plano de ataque da execução do empreendimento (ligações de sequencia e de trajetória das equipes)	Schramm (2006).
Analisar o fluxo de trabalho a partir do plano de ataque	Schramm (2006).
Dimensionar a capacidade dos recursos de produção	Schramm (2006).
Identificar os processos críticos (gargalos)	Schramm (2006).
Usar simulação Interativa Visual (VIS)	Schramm e Formoso (2007).
Aplicar os conceitos de engenharia simultânea	Tzoropoulos (1999) apud Carvalho (2003).
Identificar atividades durante a execução no canteiro de obras	Farah (1992) apud Kern (2005).

Tabela 1E - Constructo: Planejamento de Longo Prazo

Ações Gerenciais – Variáveis	Referência
Elaborar estruturação do empreendimento com definições e datas	Oliveira (1998).
Definir grandes metodologias de produção	Oliveira (1998).
Estabelecer sistemática de informação	Oliveira (1998).
Prever rede de suprimentos	Alves (2000).
Estabelecer datas marco das grandes etapas da obra	Formoso et al (1999) apud Akkari (2003).
Utilizar diferentes técnicas de planejamento e programação	Laufer e Tucker (1987) apud Akkari (2003), Machado (2000) apud Machado (2003).
Desenvolver parcerias com fornecedores	Machado (2003).
Definir plano de ataque e explicitá-lo graficamente	Akkari (2003).
Levantar e especificar materiais e fornecedores (gestão de materiais)	Machado (2003).
Definir ritmos dos principais processos de produção	Formoso et al (2001).
Fazer programação de recursos e marcar datas para compra de materiais classe 1	Formoso et al (2001).
Programar datas para contratação de mão de obra	Formoso et al (2001).
Programar datas para compra e/ou aluguel de equipamentos	Formoso et al (2001).
Elaborar cronograma físico da obra	Formoso et al (2001).
Difundir o plano mestre com cartazes, reuniões e outros meios no início da obra	Formoso et al (2001).
Distribuir as atividades do plano mestre entre os seus principais usuários (engenheiro, subempreiteiro, comprador, gestão de recursos humanos)	Formoso et al (2001).

Tabela 1F - Constructo: Planejamento Médio Prazo

Ações Gerenciais – Variáveis	Referência
Identificar e analisar as restrições operacionais	Alves (2000), Ballard et al (2001), Bernardes e Formoso (2002), Condinhoto (2003).
Estabelecer o manejo e recursos de insumos	Oliveira (1998).
Prover as condições de segurança no trabalho	Machado (2003).
Realizar triagem de tarefas	Tommelein e Ballard (1997) apud Alves (2000).
Utilizar o mecanismo empurrar-puxar pacotes de trabalho	Tommelein e Ballard (1997) apud Alves (2000).
Estabelecer folgas na programação dos pacotes de trabalho	Howell e Ballard (1997) apud Alves (2000).
Realizar estudos piloto para os pacotes de trabalho da produção	Howell e Ballard (1997) apud Alves (2000).
Elaborar listas de pacotes de trabalho	Akkari (2003).
Estabelecer as quantidades de trabalho a serem realizadas	Akkari (2003).
Incluir antecipações de ações gerenciais	Alves (2000), Koskela (2001), Laufer (1990) apud Machado (2003).
Decompor as atividades do programa mestre em pacotes de trabalho e operações	Ballard (2000) apud Machado (2003).
Detalhar o plano de ataque a partir do planejamento de longo prazo	Laufer & Tucker (1987) apud Formoso et al (2001).
Elaborar cronogramas de necessidade, aquisição e entrega de materiais no canteiro de obras	Serra & Paliari (2001).

Tabela 1G - Constructo: Planejamento Curto Prazo

Ações Gerenciais – Variáveis	Referência
Analisar e avaliar qualitativamente os processos em reuniões semanais	Bernardes e Formoso (2002).
Mapear os processos	Alves (2000).
Utilizar dispositivos visuais	Koskela (1992), Alves (2000), Bernardes e Formoso (2002).
Programar tarefas reservas	Howell e Ballard (1998) apud Alves (2000), Bernardes e Formoso (2002).
Tomar decisões de forma participativa	Bernardes e Formoso (2002).
Utilizar o PPC e identificação das causas dos problemas	Bernardes e Formoso (2002).
Agir com ações corretivas a partir das causas dos problemas	Ballard (1999) apud Bernardes e Formoso (2002).
Reunir para difundir as informações	Alves (2000), Bernardes e Formoso (2002).
Definir metodologias na execução da produção (Arranjo Físico)	Oliveira (1998).
Priorizar as tarefas selecionadas no planejamento de médio prazo	Alves (2000).
Monitorar a produção através do indicador PPC	Alves (2000).
Desenvolver métodos detalhados para execução do trabalho	Ballard (2000) apud Machado (2003).
Manter estoques de serviços disponíveis para execução	Ballard (2000) apud Machado (2003).
Atualizar e revisar programas de níveis mais elevados de planejamento	Ballard (2000) apud Machado (2003).
Utilizar plano semanal com ordens de serviços	Ballard (2000) apud Machado (2003).
Proteger os serviços terminados	Machado (2003)
Realizar medições in loco	Machado (2003)

Tabela 1H - Constructo: Controle da Produção

Ações Gerenciais – Variáveis	Referência
Elaborar planejamentos operacionais documentados e atualizados	Oliveira (1998).
Executar processo de inspeção	Ballard et al (2001), Machado (2003).
Padronizar os controles de produção com manuais	Bernardes e Formoso (2002).
Hierarquizar os planejamentos longo, médio e curto prazo	Bernardes e Formoso (2002). Akkari (2003).
Fazer análise e gestão dos fluxos físicos	Alves (2000), Bernardes e Formoso (2002).
Especificar detalhadamente as tarefas	Bernardes e Formoso (2002).
Sistematizar indicadores de desempenho	Oliveira (1998), Formoso et al (2001), Lantelme (1995) apud Bernardes e Formoso (2002), Condinhoto et al (2003), Alarcón (2004).
Medir a flexibilidade da produção	San Martin e Formoso (1998).
Formalizar o planejamento a curto Prazo	Bernardes e Formoso (2002).
Controlar o ciclo PDCA (planejar, fazer, checar, agir)	Miranda et al (2003).
Formar times de qualidade	Souza et al (1995) apud Miranda et al (2003).
Listar e verificar as condições de risco impostas pela norma	Miranda et al (2003).
Aplicar o Controle Estatístico de Processos (CEP)	Carvalho (1991) apud Oliveira (2003).
Observar os processos e operações	Alves (2000).
Usar pacote computacional para integrar os níveis hierárquicos do planejamento longo, médio e curto prazo	Laufer e Tucker (1987) apud Akkari (2003).
Treinar pessoal envolvido em utilização de software	Akkari (2003).
Estabelecer método de pagamento a fornecedores	Peter (1984) apud Kern (2005).
Selecionar o tipo de empreendimento (Comercial, industrial, hospitalar, habitacional, edifícios, baixo ou alto padrão)	Kern (2005).
Usar curvas de agregação de recursos	Stallworthy (1980) apud Kern (2005).
Orçar projetos a partir do custo-meta (*)	Kern (2005).
Utilizar análise de custos a partir da engenharia de valor (*)	Kern (2005).
Utilizar o custeio KAIZEN (*)	Kern (2005).
Avaliar o planejamento através de PPC (Percent Plan Complete)	Ballard (2000) apud Machado (2003).

(*) Nesta dissertação os conceitos de custo-meta, análise de custos a partir da engenharia de valor e custeio KAIZEN foram utilizados em um sentido restrito. Nestas circunstâncias é cabível sua inserção na área de controle como sugerido pela autora. Em um sentido amplo, no entanto, estes conceitos devem ser incluídos na área de estratégia de produção.

Anexo 2

Conteúdo da mensagem por meio eletrônico (e-mail) aos professores selecionadores das variáveis (ações gerenciais)

Caro Professor

Segue relação de ações relativas à redução de desperdício relacionada a determinadas áreas de tomadas de decisão na construção civil.

Peço que selecionem 8 melhores e hierquizeem de 1 a 8 (sendo 1 menor importância e 8 maior importância).

Metodologia para seleção:

1. Imprimir e recortar em tarjetas
2. Colocar sobre uma mesa todas as tarjetas para melhor visualização
3. Selecionar oito tarjetas (das ações que considerarem importantes)
4. Colocar novamente na mesa somente as 8 tarjetas selecionadas
5. Refletir bem e hierarquizar as ações numerando as tarjetas (ações) no quadro anexo nesta mensagem.
6. Retornar e-mail com as ações selecionadas e hierarquizadas.

Cordialmente

Aerson Moreira Barreto
Mestrando em Estrutura e Construção Civil – UFC

Anexo 3

Relação de professores que participaram da seleção de variáveis

NOME	INSTITUIÇÃO
Alexandre Araújo Bertini	UFC
Ana Maria de Sousa Santana de Oliveira	UNIOESTE
Antonio Eduardo Bezerra Cabral	UFC
Francisco Ferreira Cardoso	USP
Itamar Aparecido Lorenzon	UFSCar
José de Paula Barros Neto	UFC
Maria Aridenise M. Fontenelle	UFSCar
Nelma Mirian Chagas de Araújo	IFPB
Ricardo Rocha de Oliveira	UNIOESTE
Sheyla Mara Baptista Serra	UFSCar

Anexo 4

Processo de seleção das variáveis dos constructos (Áreas Gerenciais de tomada de decisões)

Tabela 4A - Constructo: EP - Estratégia de Produção

Seleção das ações gerenciais pelos experts		S	V	S x V
EP1	Definir sequências e trajetória entre os serviços	42	8	336
EP2	Manter equipes de trabalho em regime contínuo	18	3	54
EP3	Usar técnicas de programação da obra	11	2	22
EP4	Fazer Planejamento e Controle da Produção	51	8	408
EP5	Flexibilizar o produto	0	0	0
EP6	Padronizar o produto	6	2	12
EP7	Configurar as instalações da obra	6	3	18
EP8	Utilizar máquinas e dispositivos da produção e segurança	11	4	44
EP9	Utilizar tecnologia de armazenamento de materiais	1	1	1
EP10	Terceirizar parte da produção da obra (gestão de sub-contratação)	11	3	33
EP11	Informatizar o sistema de comunicação	10	3	30
EP12	Tratar o elemento humano (recrutamento, seleção, contratação, promoção, remuneração, motivação e treinamento)	42	6	252
EP13	Manter sistema de segurança a acidentes	13	4	52
EP14	Melhorar o ambiente de trabalho nas obras	10	3	30
EP15	Gerenciar o controle de qualidade de produtos e processos da empresa	23	8	184
EP16	Manter relacionamento profissional com fornecedores	17	5	85
EP17	Fixar políticas da empresa (obra pública ou privada, segmento de clientes, âmbito geográfico)	16	2	32
EP18	Utilizar novas tecnologias de edificação	16	4	64
EP19	Instituir PSP (Projeto do Sistema de Produção)	26	4	104
EP20	Utilizar sistema de gestão de custos	30	7	210

LEGENDA

- EP - Constructo: Estratégia de Produção
PA - Constructo: Projeto Arquitetônico
PE - Constructo: Projeto Executivo
SP - Constructo: Projeto do Sistema de Produção
LP - Constructo: Planejamento de Longo Prazo
MP - Constructo: Planejamento de Médio Prazo
CPz - Constructo: Planejamento de Curto Prazo
CP - Constructo: Controle da Produção
S - Soma dos níveis de importância atribuída à variável
V - Quantidade de vezes que a variável foi selecionada
S x V - Multiplicação de "S" por "V" (Pontuação)

Tabela 4B - Constructo: PA - Projeto Arquitetônico

Seleção das ações gerenciais pelos experts		S	V	S x V
PA1	Customizar unidades do produto	2	1	2
PA2	Elaborar projeto do canteiro	14	3	42
PA3	Manter relação entre Arquiteto, cliente e construtor	37	6	222
PA4	Projetos complementares (estrutura, elétrico, hidráulico, sanitário, e outros)	7	3	21
PA5	Elaborar o projeto e produto simultaneamente	1	1	1
PA6	Fazer interação de longo prazo entre arquiteto e executor	23	4	92
PA7	Utilizar trabalho de equipes multidisciplinares entre escritórios	27	6	162
PA8	Projetar com flexibilidade	4	2	8
PA9	Projetar de forma sequencial	0	0	0
PA10	Integrar projetos (Arquitetônico e complementares)	32	6	192
PA11	Projetar considerando independências existentes entre todas as áreas	6	1	6
PA12	Conhecer os objetivos e prioridades do cliente	31	5	155
PA13	Projetar obras com complexidade	0	0	0
PA14	Usar WORKS SHOPS colaborativos para desenvolver projetos	16	3	48
PA15	Incorporar diferentes especialistas no processo de projeto	23	4	92
PA16	Engajar fornecedores de subsistemas na busca de novas soluções de projetos	15	4	60
PA17	Projetar em Ambientes Colaborativos (AC), com administração de conflitos	12	4	48
PA18	Projetar tendo como base o valor percebido pelo usuário e alternativas de concorrentes	24	4	96
PA19	Usar engenharia simultânea e modelos de informação na elaboração de projetos	15	4	60
PA20	Avaliar projetos a partir de ferramentas específicas (computacional)	8	2	16
PA21	Fazer uso de LEED associado ao projeto de arquitetura	4	1	4
PA22	Permitir expansibilidade quanto ao dimensionamento arquitetônico e utilização	3	2	6
PA23	Realizar análise crítica no encerramento do processo de projeto	20	6	120

LEGENDA

- EP - Constructo: Estratégia de Produção
PA - Constructo: Projeto Arquitetônico
PE - Constructo: Projeto Executivo
SP - Constructo: Projeto do Sistema de Produção
LP - Constructo: Planejamento de Longo Prazo
MP - Constructo: Planejamento de Médio Prazo
CPz - Constructo: Planejamento de Curto Prazo
CP - Constructo: Controle da Produção
S - Soma dos níveis de importância atribuída à variável
V - Quantidade de vezes que a variável foi selecionada
S x V - Multiplicação de "S" por "V" (Pontuação)

Tabela 4C - Constructo: PE - Projeto Executivo

Seleção das ações gerenciais pelos experts		S	V	S x V
PE1	Elaborar caderno de especificações detalhada de materiais e serviços previstos	49	7	343
PE2	Detalhar elementos dos projetos para execução, fabricação ou montagem	47	8	376
PE3	Criar zonas de cooperação que envolve projeto e produto	17	4	68
PE4	Criar coordenação de projetos	42	8	336
PE5	Proporcionar a participação do setor da produção da empresa junto aos projetistas	27	6	162
PE6	Prever a pré-fabricação em modularização	13	4	52
PE7	Simplificar detalhes e acabamentos	11	5	55
PE8	Elaborar orçamento de forma convencional ou operacional	5	2	10
PE9	Utilizar o sistema CAD 3D na elaboração de projetos	6	2	12
PE10	Prever a gestão de resíduos sólidos	5	2	10
PE11	Reaproveitar e reciclar materiais de demolição	0	0	0
PE12	Utilizar materiais locais	0	0	0
PE13	Utilizar materiais renováveis	1	1	1
PE14	Criar banco de dados de tecnologia construtiva	22	6	132
PE15	Segmentar o projeto em pacotes construtivos	12	2	24
PE16	Organizar os projetos e detalhes construtivos em locais acessíveis e referências claras	13	4	52
PE24	Usar sistema de Gerenciamento Eletrônico de Documentos (GED)	14	4	56
PE25	Desenvolver o projeto executivo com a participação da equipe de execução	40	7	280

LEGENDA

- EP - Constructo: Estratégia de Produção
PA - Constructo: Projeto Arquitetônico
PE - Constructo: Projeto Executivo
SP - Constructo: Projeto do Sistema de Produção
LP - Constructo: Planejamento de Longo Prazo
MP - Constructo: Planejamento de Médio Prazo
CPz - Constructo: Planejamento de Curto Prazo
CP - Constructo: Controle da Produção
S - Soma dos níveis de importância atribuída à variável
V - Quantidade de vezes que a variável foi selecionada
S x V - Multiplicação de "S" por "V" (Pontuação)

Tabela 34D - Constructo: SP - Projeto do Sistema de Produção

Seleção das ações gerenciais pelos experts		S	V	S x V
SP1	Usar de técnicas lean construction	16	3	48
SP2	Desenhar os processos do sistema construtivo	0	0	0
SP3	Utilizar uma avaliação da habilidade da mão de obra	3	1	3
SP4	Manter uma relação de parceria com fornecedores	7	4	28
SP5	Prever variedade de materiais no sistema	0	0	0
SP6	Padronizar os processos construtivos (repetitividade)	33	5	165
SP7	Executar processos fora do canteiro	3	2	6
SP8	Utilizar centrais de serviços	7	4	28
SP9	Gerenciar contrato (Prática da administração contratual)	7	2	14
SP10	Manter uma flexibilidade da produção	9	2	18
SP11	Incluir independência dos processos construtivos	0	0	0
SP12	Selecionar tecnologias de edificação	17	4	68
SP13	Promover capacitação com treinamento e efeito aprendizagem	23	4	92
SP14	Definir a sequencia de execução	15	3	45
SP15	Arranjar fisicamente as instalações da obra	15	2	30
SP16	Realizar gestão do pessoal de produção	26	4	104
SP17	Fazer seleção de equipamento	9	2	18
SP18	Selecionar a mão de obra considerando a experiência da Equipe de produção	20	4	80
SP19	Estudar o fluxo de trabalho (Linha de balanço)	16	3	48
SP20	Elaborar plano de ataque da execução do empreendimento (ligações de sequencia e de trajetória das equipes)	17	4	68
SP21	Analisar o fluxo de trabalho a partir do plano de ataque	16	3	48
SP22	Dimensionar a capacidade dos recursos da produção	19	5	95
SP23	Identificar os processos críticos (gargalos)	26	6	156
SP24	Usar simulação Interativa Visual (VIS)	0	0	0
SP26	Identificar atividades no canteiro de obras	0	0	0

LEGENDA

- EP - Constructo: Estratégia de Produção
PA - Constructo: Projeto Arquitetônico
PE - Constructo: Projeto Executivo
SP - Constructo: Projeto do Sistema de Produção
LP - Constructo: Planejamento de Longo Prazo
MP - Constructo: Planejamento de Médio Prazo
CPz - Constructo: Planejamento de Curto Prazo
CP - Constructo: Controle da Produção
S - Soma dos níveis de importância atribuída à variável
V - Quantidade de vezes que a variável foi selecionada
S x V - Multiplicação de "S" por "V" (Pontuação)

Tabela 4E - Constructo: LP - Planejamento de Longo Prazo

Seleção das ações gerenciais pelos experts		S	V	S x V
LP1	Elaborar estruturação do empreendimento com definições e datas	39	7	273
LP2	Definir grandes metodologias de produção	7	3	21
LP3	Estabelecer sistemática de informação	23	4	92
LP4	Prever rede de suprimentos	13	4	52
LP5	Estabelecer datas marco das grandes etapas da obra	16	4	64
LP6	Utilizar diferentes técnicas de planejamento e programação	39	6	234
LP7	Desenvolver parcerias com fornecedores	6	4	24
LP7	Definir plano de ataque e explicitá-lo graficamente	28	5	140
LP8	Levantar e especificar materiais e fornecedores (gestão de materiais)	17	4	68
LP9	Definir os ritmos dos principais processos de produção	44	9	396
LP10	Fazer programação de recursos e marcar datas para compra de materiais classe 1	14	3	42
LP11	Programar datas para contratação de mão de obra	19	4	76
LP12	Programar datas para compra e/ou aluguel de equipamentos	11	3	33
LP13	Elaborar cronograma da obra	27	5	135
LP14	Difundir o plano mestre em cartazes, reuniões e outros meios no início da obra	12	3	36
LP15	Distribuir as atividades do plano mestre entre os seus usuários (engenheiro, sub-empregado, comprador, gestão de recursos humanos)	13	4	52

LEGENDA

- EP - Constructo: Estratégia de Produção
- PA - Constructo: Projeto Arquitetônico
- PE - Constructo: Projeto Executivo
- SP - Constructo: Projeto do Sistema de Produção
- LP - Constructo: Planejamento de Longo Prazo
- MP - Constructo: Planejamento de Médio Prazo
- CPz - Constructo: Planejamento de Curto Prazo
- CP - Constructo: Controle da Produção
- S - Soma dos níveis de importância atribuída à variável
- V - Quantidade de vezes que a variável foi selecionada
- S x V - Multiplicação de "S" por "V" (Pontuação)

Tabela 4F - Constructo: MP - Planejamento de Médio Prazo

Seleção das ações gerenciais pelos experts		S	V	S x V
MP1	Identificar e analisar as restrições operacionais	37	7	259
MP2	Estabelecer o manejo e recursos de insumos	6	3	18
MP3	Prover as condições de segurança no trabalho	28	7	196
MP4	Realizar triagem de tarefas	1	1	1
MP5	Utilizar o mecanismo empurrar-puxar pacotes de trabalho	11	5	55
MP6	Estabelecer folgas na programação dos pacotes de trabalho	19	5	95
MP7	Realizar estudos piloto para os pacotes de trabalho da produção	21	4	84
MP8	Elaborar listas de pacotes de trabalho	22	5	110
MP9	Estabelecer as quantidades de trabalho a serem realizada sua programação e sequencia	46	8	368
MP10	Incluir antecipações de ações gerenciais	18	6	108
MP11	Decompor as atividades do programa mestre em pacotes de trabalho e operações	47	8	376
MP12	Elaborar plano de ataque	28	5	140
MP13	Elaborar cronogramas de necessidade, aquisição e entrega de materiais no canteiro de obras	34	7	238

LEGENDA

- EP - Constructo: Estratégia de Produção
 PA - Constructo: Projeto Arquitetônico
 PE - Constructo: Projeto Executivo
 SP - Constructo: Projeto do Sistema de Produção
 LP - Constructo: Planejamento de Longo Prazo
 MP - Constructo: Planejamento de Médio Prazo
 CPz - Constructo: Planejamento de Curto Prazo
 CP - Constructo: Controle da Produção
 S - Soma dos níveis de importância atribuída à variável
 V - Quantidade de vezes que a variável foi selecionada
 S x V - Multiplicação de "S" por "V" (Pontuação)

Tabela 4G - Constructo: CPz - Planejamento de Curto Prazo

Seleção das ações gerenciais pelos experts		S	V	S x V
CPz1	Analisar e avaliar qualitativamente os processos em reuniões semanais	20	5	100
CPz2	Mapear de processos	2	1	2
CPz3	Utilizar dispositivos visuais	18	5	90
CPz4	Programar tarefas reservas	19	4	76
CPz5	Tomar decisões de forma participativa	45	7	315
CPz6	Utilizar o PPC e identificação das causas dos problemas	29	5	145
CPz7	Agir com ações corretivas a partir das causas dos problemas	35	6	210
CPz8	Reunir para difundir as informações	8	3	24
CPz9	Definir metodologias na execução da produção (Arranjo Físico)	15	3	45
CPz10	Priorizar as tarefas selecionadas no planejamento de médio prazo	28	4	112
CPz11	Monitorar a produção através do indicador PPC	12	3	36
CPz12	Desenvolver métodos detalhados para execução do trabalho	18	4	72
CPz13	Manter estoques de serviços disponíveis par execução	8	4	32
CPz14	Atualizar e revisar programas de níveis mais elevados de planejamento	9	3	27
CPz15	Utilizar plano semanal com ordens de serviços	42	7	294
CPz16	Proteger os serviços terminados	7	3	21
CPz17	Realizar medições in loco	9	5	45

LEGENDA

- EP - Constructo: Estratégia de Produção
PA - Constructo: Projeto Arquitetônico
PE - Constructo: Projeto Executivo
SP - Constructo: Projeto do Sistema de Produção
LP - Constructo: Planejamento de Longo Prazo
MP - Constructo: Planejamento de Médio Prazo
CPz - Constructo: Planejamento de Curto Prazo
CP - Constructo: Controle da Produção
S - Soma dos níveis de importância atribuída à variável
V - Quantidade de vezes que a variável foi selecionada
S x V - Multiplicação de "S" por "V" (Pontuação)

Tabela 4H - Constructo: CP - Controle da Produção

Seleção das ações gerenciais pelos experts		S	V	S x V
CP1	Elaborar planejamentos operacionais documentados e atualizados	15	3	45
CP2	Executar processo de inspeção	29	6	174
CP3	Padronizar os controles de produção com manuais	37	7	259
CP4	Hierarquizar os planejamentos longo, médio e curto prazo	18	3	54
CP5	Fazer análise e gestão dos fluxos físicos	29	6	174
CP6	Especificar detalhadamente as tarefas	18	3	54
CP7	Sistematizar indicadores de desempenho	42	7	294
CP8	Medir a flexibilidade da produção	8	2	16
CP9	Formalizar o planejamento a curto Prazo	10	2	20
CP10	Controlar o ciclo PDCA (planejar, fazer, checar, agir)	25	5	125
CP11	Formar times de qualidade	14	3	42
CP12	Listar e verificar as condições de risco impostas pela norma	8	2	16
CP13	Aplicar o Controle Estatístico de Processos (CEP)	0	0	0
CP14	Observar os processos e operações	12	2	24
CP15	Usar pacote computacional para integrar os níveis hierárquicos dos planejamentos longo, médio e curto prazo	3	2	6
CP16	Treinar pessoal envolvido em utilização de software	4	2	8
CP17	Estabelecer método de pagamento a fornecedores	5	2	10
CP18	Selecionar o tipo de empreendimento (Comercial, industrial, hospitalar, habitacional, edifícios, baixo ou alto padrão)	1	1	1
CP19	Usar curvas de agregação de recursos	6	2	12
CP20	Orçar projetos a partir do custo-meta	3	2	6
CP21	Utilizar análise de custos a partir da engenharia de valor	13	3	39
CP22	Utilizar o custeio KAIZEN	8	3	24
CP23	Avaliar o planejamento através de PPC (Percent Plan Complete)	17	4	68

LEGENDA

- EP - Constructo: Estratégia de Produção
PA - Constructo: Projeto Arquitetônico
PE - Constructo: Projeto Executivo
SP - Constructo: Projeto do Sistema de Produção
LP - Constructo: Planejamento de Longo Prazo
MP - Constructo: Planejamento de Médio Prazo
CPz - Constructo: Planejamento de Curto Prazo
CP - Constructo: Controle da Produção
S - Soma dos níveis de importância atribuída à variável
V - Quantidade de vezes que a variável foi selecionada
S x V - Multiplicação de "S" por "V" (Pontuação)



Anexo 5



**QUESTIONÁRIO CONSTANTE DA PESQUISA DE MESTRADO
DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
CIVIL DA UFC**

MESTRANDO: AERSON MOREIRA BARRETO
Engenheiro Civil – CREA-CE: 5902/D
VISITA NR _____



PARTE A – INFORMAÇÕES PRELIMINARES

1. Quanto tempo a empresa está no mercado? _____ Anos
2. Qual a área construída da obra? _____ m²
3. Qual o prazo da obra? _____ meses
4. Qual o número de pavimentos tipo da obra? _____ pavimentos tipo
- 5.

PARTE B – SOBRE AÇÕES GERENCIAIS:

Apontar o grau de importância de cada item abaixo, marcando com “X” na numeração de 1 a 10, sendo números menores DE MENOR IMPORTÂNCIA e números maiores DE MAIOR IMPORTÂNCIA. (Não repetir mais de 3 vezes a mesma nota)

Definir sequências e trajetória entre os serviços	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fazer Planejamento e Controle da Produção	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Integrar projetos (Arquitetônicos e complementares)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Manter relação entre Arquiteto, cliente e construtor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Elaborar caderno de especificações detalhada de	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Detalhar elementos dos projetos para execução,	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Padronizar os processos construtivos (repetitividade)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Identificar os processos críticos (gargalos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Elaborar estruturação do empreendimento com	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Definir os ritmos dos principais processos de produção	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Estabelecer as quantidades de trabalho a ser realizado e	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Decompor as atividades do programa mestre em pacotes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tomar decisões de forma participativa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Utilizar plano semanal com ordens de serviços	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Padronizar os controles de produção com manuais	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sistematizar indicadores de desempenho	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

PARTE C – SOBRE GESTÃO DE RESÍDUOS INFORMAR:

1. Quantidade de plantas que constitui todo o projeto de arquitetura da obra: _____
2. Deste total de plantas a quantidade que contém detalhes ou são de detalhes: _____
3. Tempo de treinamento dos operários que ingressam na obra para o que vai fazer: _____
4. Quantidade média mensal de containers de entulho retiradas da obra: _____

MUITO OBRIGADO POR SUA COLABORAÇÃO!

Anexo 6
Dados do questionário aplicados na pesquisa

FONTE	DADOS PARTE A				DADOS PARTE B																DADOS PARTE C			
	DMUs	D1	D2	D3	D4	EP1	EP2	PA1	PA2	PE1	PE2	SP1	SP2	LP1	LP2	MP1	MP2	CPz1	CPz2	CP1	CP2	D5	D6	D7
OBRA-1	25	5124	12	12	10	8	8	7	6	8	9	10	10	7	9	9	6	7	5	6	9	2	1	1
OBRA-2	22	7800	24	20	10	10	9	2	5	8	7	9	5	8	3	6	1	7	4	6	126	107	1	1
OBRA-3	30	27041	15	60	10	10	6	5	6	7	8	8	10	9	9	8	9	7	6	7	16	4	8	12
OBRA-4	6	15738	36	22	9	9	8	8	7	7	8	8	9	8	7	8	9	8	8	9	0	0	2	3
OBRA-5	30	12891	60	11	8	5	10	7	7	4	7	10	6	6	9	10	10	6	3	3	49	13	16	2
OBRA-6	40	19716	36	44	10	10	6	10	8	9	9	9	9	9	7	7	9	7	1	1	44	29	1	6
OBRA-7	3	10406	32	40	9	10	9	7	6	8	7	10	6	8	10	6	9	5	7	8	30	9	1	4
OBRA-8	5	5675	24	15	10	5	10	9	8	8	7	8	7	10	9	9	7	6	6	6	131	118	2	3
OBRA-9	41	32000	34	44	9	8	7	6	5	1	9	8	10	10	9	7	10	5	10	1	40	14	1	12
OBRA-10	28	13370	36	21	6	10	5	8	6	9	8	8	10	8	7	9	6	4	5	4	19	6	0	5
OBRA-11	3	8556	24	21	10	10	9	3	8	9	6	6	9	7	7	10	6	8	7	8	62	36	1	6
OBRA-12	25	9079	18	16	10	9	9	7	8	6	9	10	8	6	10	8	7	5	7	6	11	9	0.5	10
OBRA-13	25	11421	60	20	10	9	5	8	5	6	10	9	7	6	10	7	7	8	8	9	13	10	1	4
OBRA-14	40	26800	22	18	10	9	7	9	8	7	8	10	8	10	9	7	8	7	8	7	38	1	8	29
OBRA-15	20	20066	36	35	10	7	5	6	6	8	9	10	10	9	8	9	7	1	8	7	31	0	0.5	15
OBRA-16	18	8900	40	25	7	8	9	6	8	1	10	10	7	9	3	8	10	4	3	5	8	4	0	6
OBRA-17	36	26000	24	64	10	10	9	1	8	1	9	10	9	7	7	8	7	8	6	6	50	15	4	30
OBRA-18	25	10200	24	20	8	10	1	9	8	7	10	8	9	9	10	7	7	6	6	6	23	16	2	12
OBRA-19	30	15600	24	30	10	9	4	3	7	6	5	8	10	9	8	9	10	8	4	5	687	219	6	20
OBRA-20	35	13214	30	13	10	7	5	4	5	8	9	8	10	9	8	7	8	10	7	8	13	7	1	16
OBRA-21	30	21187	36	26	10	10	8	8	7	9	7	9	7	8	8	9	10	7	8	7	27	10	0	23
OBRA-22	3	21729	36	27	10	8	3	2	6	5	9	8	9	7	10	9	8	10	1	4	35	19	1	25
OBRA-23	35	13214	30	24	8	10	9	10	10	7	8	8	8	10	7	9	9	7	7	9	14	9	10	20
OBRA-24	42	13870	36	28	9	6	8	8	9	7	9	10	8	10	7	10	7	7	7	8	140	128	6	18
OBRA-25	24	4500	24	14	8	9	10	9	7	6	7	8	10	10	8	7	9	10	7	8	15	8	4	9
OBRA-26	21	3693	15	9	10	10	9	7	8	10	9	10	7	9	10	10	8	7	7	8	5	1	2	12
OBRA-27	15	7751	36	23	10	10	8	5	7	8	9	9	10	10	10	10	8	10	7	7	10	7	0.5	11
OBRA-28	41	11468	30	22	9	10	9	5	6	4	7	9	8	7	8	6	9	6	5	7	16	11	2	20
OBRA-29	23	12000	36	22	10	10	10	8	10	10	9	10	10	8	8	10	9	9	8	7	43	21	2	18
OBRA-30	28	12000	48	22	8	10	9	1	10	10	10	1	9	8	9	9	9	8	10	10	96	54	1	16
OBRA-31	28	9533	48	22	10	10	9	8	7	6	6	9	10	5	8	8	9	7	7	6	24	20	0.25	15

Anexo 7

Cálculo dos valores dos Outputs das DMUs (obras) dado pela área construída em m² para cada m³ de resíduo gerado na obra (ACR)

DMU	Cálculo do output				
	Resíduo (m ³ /mês)	Prazo (mês)	Resíduo obra (m ³)	Área (m ²)	OUTPUT (ACR) m ² /m ³
OBRA-1	4.5	12	54	5124	94.89
OBRA-2	4.5	24	108	7800	72.22
OBRA-3	54	15	810	27041	33.38
OBRA-4	13.5	36	486	15738	32.38
OBRA-5	9	60	540	12891	23.87
OBRA-6	27	36	972	19716	20.28
OBRA-7	18	32	576	10406	18.07
OBRA-8	13.5	24	324	5675	17.52
OBRA-9	54	34	1836	32000	17.43
OBRA-10	22.5	36	810	13370	16.51
OBRA-11	27	24	648	8556	13.20
OBRA-12	45	18	810	9079	11.21
OBRA-13	18	60	1080	11421	10.58
OBRA-14	130.5	22	2871	26800	9.33
OBRA-15	67.5	36	2430	20066	8.26
OBRA-16	27	40	1080	8900	8.24
OBRA-17	135	24	3240	26000	8.02
OBRA-18	54	24	1296	10200	7.87
OBRA-19	90	24	2160	15600	7.22
OBRA-20	72	30	2160	13214	6.12
OBRA-21	103.5	36	3726	21187	5.69
OBRA-22	112.5	36	4050	21729	5.37
OBRA-23	90	30	2700	13214	4.89
OBRA-24	81	36	2916	13870	4.76
OBRA-25	40.5	24	972	4500	4.63
OBRA-26	54	15	810	3693	4.56
OBRA-27	49.5	36	1782	7751	4.35
OBRA-28	90	30	2700	11468	4.25
OBRA-29	81	36	2916	12000	4.12
OBRA-30	72	48	3456	12000	3.47
OBRA-31	67.5	48	3240	9533	2.94

Nota: As obras foram ordenadas em forma decrescentes dos valores da ACR.

Anexo 8
Pontuação dos constructos (Áreas Gerenciais)

Tabela 8A - Pontuação inicial dos constructos pela avaliação de Professores e Gerentes das Obras

Constructo (Área Gerencial)		Pontuação*	
Símbolo	Nome	Professores	Gerentes das Obras
EP	Estratégia de Produção	408	288
PA	Projeto Arquitetônico	222	233
PE	Projeto Executivo	376	222
SP	Projeto do Sistema de Produção	165	254
LP	Planejamento de Longo Prazo	396	265
MP	Planejamento de Médio Prazo	376	251
CPz	Planejamento de Curto Prazo	315	248
CP	Controle da Produção	294	193
TOTAL		2552	1955

(*) : Pontuação da variável considerada mais importante

Tabela 8B - Pontuação ajustada dos constructos pela avaliação de Professores e Gerentes das Obras.

Constructo		Pontuação*	
Símbolo	Nome	Professores	Gerentes das Obras**
EP	Estratégia de Produção	408	376
PA	Projeto Arquitetônico	222	304
PE	Projeto Executivo	376	290
SP	Projeto do Sistema de Produção	165	332
LP	Planejamento de Longo Prazo	396	346
MP	Planejamento de Médio Prazo	376	329
CPz	Planejamento de Curto Prazo	315	324
CP	Controle da Produção	294	251

(*) - Pontuação da variável considerada mais importante

(**) - Ajuste calculado na proporção de 1955 para 2552

Tabela 8C - Pontuação dos constructos por professores em ordem decrescente

Constructo		Professores	
Símbolo	Nome	Pontuação*	Percentual
EP	Estratégia de Produção	408	16.0%
LP	Planejamento de Longo Prazo	396	15.5%
MP	Planejamento de Médio Prazo	376	14.7%
PE	Projeto Executivo	376	14.7%
CPz	Planejamento de Curto Prazo	315	12.3%
CP	Controle de Produção	294	11.5%
PA	Projeto Arquitetônico	222	8.7%
SP	Projeto do Sistema de Produção	165	6.5%

Tabela 8D - Pontuação dos constructos por Gerentes das Obras em ordem decrescente.

Constructo		Gerentes das Obras	
Símbolo	Nome	Pontuação*	Percentual
EP	Estratégia de Produção	376	19.2%
LP	Planejamento de Longo Prazo	346	17.7%
SP	Projeto do Sistema de Produção	332	17.0%
MP	Planejamento de Médio Prazo	329	16.8%
CPz	Planejamento de Curto Prazo	324	16.6%
PA	Projeto Arquitetônico	304	15.6%
PE	Projeto Executivo	290	14.8%
CP	Controle da Produção	251	12.9%

Tabela 8E – Soma das Pontuações de Professores e Gerentes das Obras

Constructo		Pontuação*
Símbolo	Nome	
EP	Estratégia de Produção	784
PA	Projeto Arquitetônico	526
PE	Projeto Executivo	666
SP	Projeto do Sistema de Produção	497
LP	Planejamento de Longo Prazo	742
MP	Planejamento de Médio Prazo	705
CPz	Planejamento de Curto Prazo	639
CP	Controle da Produção	545

Tabela 8F - Pontuações em ordem decrescente

Constructo		Pontuação*
Símbolo	Nome	
EP	Estratégia de Produção	784
LP	Planejamento de Longo Prazo	742
MP	Planejamento de Médio Prazo	705
PE	Projeto Executivo	666
CPz	Planejamento de Curto Prazo	639
CP	Controle da Produção	545
PA	Projeto Arquitetônico	526
SP	Projeto do Sistema de Produção	497

Nota - Pontuação da variável considerada mais importante

Gráficos de barras: Pontuações de importância de constructos (Anexo 8 – Continuação)

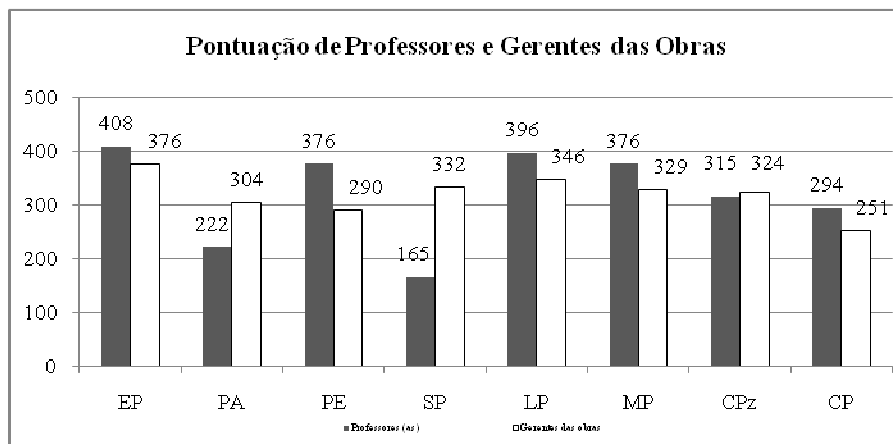


Figura 8A - Referente a tabela 8B

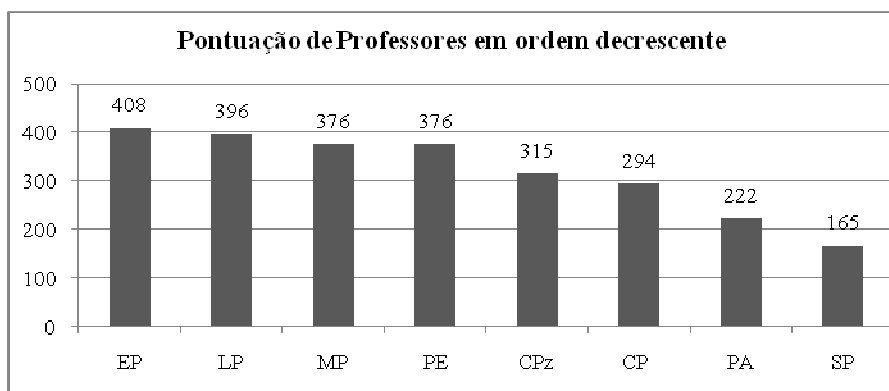


Figura 8B - Pontuação de professores em ordem decrescente

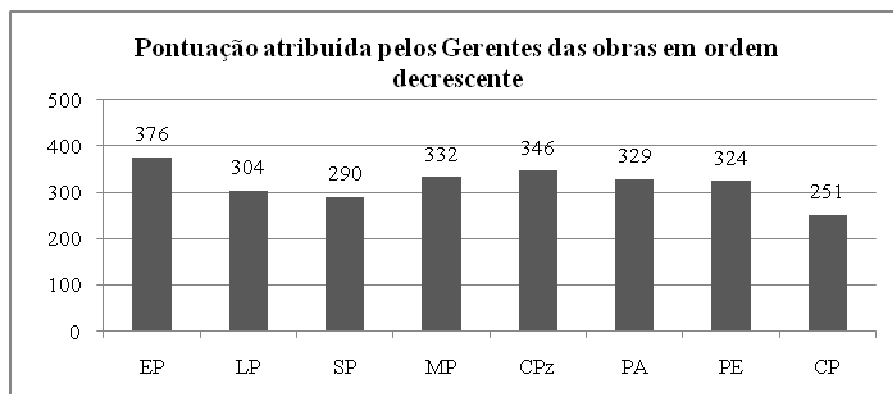


Figura 8C - Pontuação de Gerentes das Obras em ordem decrescente

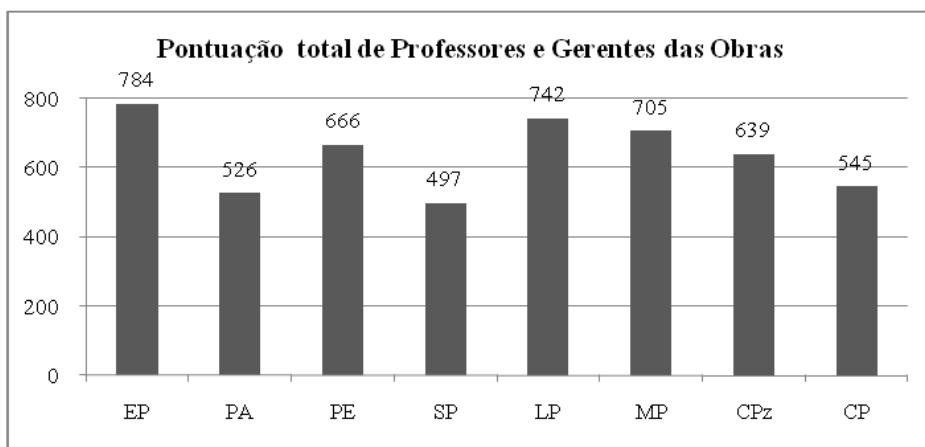


Figura 8D – Pontuação total de professores e gerentes de obras

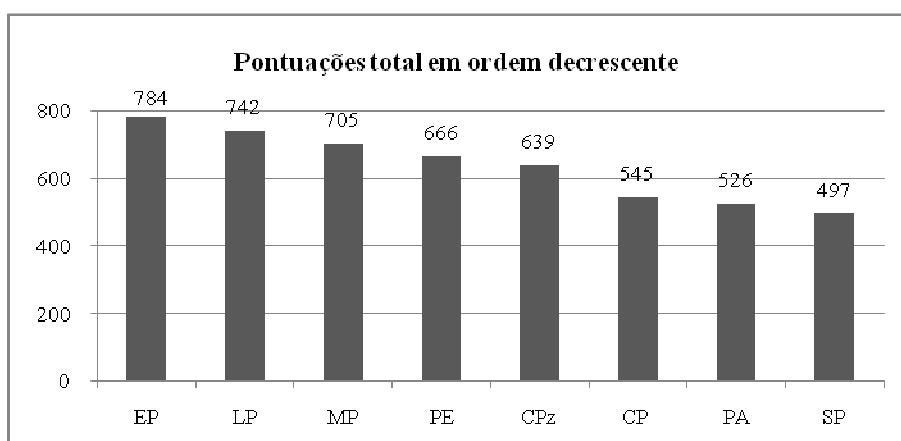


Figura 8E - Ordem decrescente da pontuação total

Anexo 9

Estudo dos pesos das variáveis obtidos com a DEA

Soma dos pesos dos inputs									
FONTE	EP	PA	PE	SP	LP	MP	CPz	CP	SOMA
OBRA-1	0.100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.100
OBRA-2	0.412	0.000	0.000	0.000	0.176	0.000	0.000	0.000	0.588
OBRA-3	0.114	0.536	0.650	0.283	0.000	0.000	0.000	0.000	1.583
OBRA-4	0.518	0.000	0.000	0.350	0.000	0.000	0.000	0.000	0.868
OBRA-5	2.424	0.000	0.000	0.540	0.149	0.000	0.625	2.951	6.689
OBRA-6	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.920	0.928
OBRA-7	1.381	0.000	0.000	2.012	0.085	0.000	0.000	0.000	3.479
OBRA-8	0.000	0.000	0.000	1.856	0.000	0.000	0.000	0.000	1.856
OBRA-9	1.375	0.884	5.841	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	8.101
OBRA-10	0.542	2.398	3.504	0.000	0.000	0.000	0.976	0.000	7.421
OBRA-11	1.670	0.000	0.000	2.461	0.000	0.000	0.000	0.000	4.132
OBRA-12	1.748	0.000	0.000	0.000	0.404	0.000	0.000	0.000	2.153
OBRA-13	0.000	1.739	1.858	0.000	0.564	0.000	0.000	0.000	4.162
OBRA-14	0.000	1.410	0.000	0.938	0.392	0.000	0.000	0.000	2.740
OBRA-15	0.000	2.255	2.406	0.000	0.000	0.432	0.000	0.000	5.093
OBRA-16	41.928	0.000	0.000	50.943	0.000	18.799	0.000	34.809	146.478
OBRA-17	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.471	0.000	0.000	0.471
OBRA-18	0.000	1.456	0.000	0.000	0.867	0.000	0.000	0.000	2.323
OBRA-19	1.174	1.685	0.000	1.101	0.000	0.000	0.000	0.993	4.953
OBRA-20	4.829	3.157	21.378	0.000	0.000	0.364	0.000	0.000	29.728
OBRA-21	0.000	1.241	0.000	2.613	0.000	0.000	0.000	0.000	3.854
OBRA-22	10.786	0.000	0.000	2.403	0.665	0.000	2.781	13.130	29.764
OBRA-23	4.004	0.000	0.000	0.000	0.926	0.000	0.000	0.000	4.930
OBRA-24	4.120	0.000	0.000	0.000	0.953	0.000	0.000	0.000	5.073
OBRA-25	4.764	0.000	0.000	7.020	0.000	0.000	0.000	0.000	11.784
OBRA-26	0.000	0.000	0.000	0.000	0.994	0.000	0.000	0.000	0.994
OBRA-27	0.000	1.622	0.000	3.417	0.000	0.000	0.000	0.000	5.039
OBRA-28	5.192	0.000	0.000	7.652	0.000	0.000	0.000	0.000	12.844
OBRA-29	4.303	0.000	0.000	0.000	0.000	0.918	0.000	0.000	5.221
OBRA-30	5.644	0.000	0.000	0.000	1.306	0.000	0.000	0.000	6.949
OBRA-31	0.000	0.000	0.000	11.046	0.000	0.000	0.000	0.000	11.046

Anexo 10

Eficiência, Inputs e Output, pesos dos Inputs e Outputs das DMUS distribuídas em intervalos de eficiência

Tabela 10A - DMUs com eficiência até 20%

DMUs	-----	EP	PA	PE	SP	LP	MP	CPz	CP	ACR	
OBRA-25 Efic. 16,47%	Input	8	10	7	7	10	8	9	7	Output	4.630
	Peso	4.764	0.000	0.000	7.020	0.000	0.000	0.000	0.000	Peso	0.216
OBRA-14 Efic. 14,22%	Input	10	7	8	8	8	9	8	8	Output	9.335
	Peso	0.000	1.410	0.000	0.938	0.392	0.000	0.000	0.000	Peso	0.107
OBRA-12 Efic. 13,06%	Input	10	9	8	9	8	10	7	7	Output	11.209
	Peso	1.748	0.000	0.000	0.000	0.404	0.000	0.000	0.000	Peso	0.089
OBRA-23 Efic. 10,50%	Input	8	9	10	8	8	7	9	7	Output	4.894
	Peso	4.004	0.000	0.000	0.000	0.926	0.000	0.000	0.000	Peso	0.204
OBRA-17 Efic. 9,19%	Input	10	9	8	9	9	7	7	6	Output	8.025
	Peso	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.471	0.000	0.000	Peso	0.125
OBRA-21 Efic. 8,73%	Input	10	10	8	7	7	9	7	6	Output	17.515
	Peso	0.000	0.000	0.000	1.856	0.000	0.000	0.000	0.000	Peso	0.243
OBRA-28 Efic. 8,47%	Input	9	9	6	7	8	8	9	5	Output	4.247
	Peso	5.192	0.000	0.000	7.652	0.000	0.000	0.000	0.000	Peso	0.235
OBRA-31 Efic. 7,41%	Input	10	9	7	6	10	8	9	7	Output	2.942
	Peso	0.000	0.000	0.000	11.046	0.000	0.000	0.000	0.000	Peso	0.340
OBRA-24 Efic. 7,18%	Input	9	8	9	9	8	7	7	7	Output	4.757
	Peso	4.120	0.000	0.000	0.000	0.953	0.000	0.000	0.000	Peso	0.210
OBRA-30 Efic. 6,79%	Input	8	9	10	10	9	9	9	10	Output	3.472
	Peso	5.644	0.000	0.000	0.000	1.306	0.000	0.000	0.000	Peso	0.288
OBRA-26 Efic. 5,61%	Input	10	9	8	9	7	10	8	7	Output	4.559
	Peso	0.000	0.000	0.000	0.000	0.994	0.000	0.000	0.000	Peso	0.219
OBRA-27 Efic. 4,58%	Input	10	8	7	9	10	10	8	7	Output	4.350
	Peso	0.000	1.622	0.000	3.417	0.000	0.000	0.000	0.000	Peso	0.230
OBRA-29 Efic. 4,52%	Input	10	10	10	9	10	8	9	8	Output	4.115
	Peso	4.303	0.000	0.000	0.000	0.000	0.918	0.000	0.000	Peso	0.243

Tabela 10B - DMUs com eficiência acima de 20% e abaixo de 100%

DMUs	-----	EP	PA	PE	SP	LP	MP	CPz	CP	ACR
OBRA-3 Efic. 67,25%	Input	10	6	6	8	10	9	9	6	Output 33.384
	Peso	0.114	0.536	0.650	0.283	0.000	0.000	0.000	0.000	Peso 0.030
OBRA-4 Efic. 48,48%	Input	9	8	7	8	9	7	9	8	Output 32.383
	Peso	0.518	0.000	0.000	0.350	0.000	0.000	0.000	0.000	Peso 0.031
OBRA-7 Efic. 37,01%	Input	9	9	6	7	6	10	9	7	Output 18.066
	Peso	1.381	0.000	0.000	2.012	0.085	0.000	0.000	0.000	Peso 0.055
OBRA-11 Efic. 33,24%	Input	10	9	8	6	9	7	6	7	Output 13.204
	Peso	1.670	0.000	0.000	2.461	0.000	0.000	0.000	0.000	Peso 0.076
OBRA-8 Efic. 24,25%	Input	10	10	8	7	7	9	7	6	Output 17.515
	Peso	0.000	0.000	0.000	1.856	0.000	0.000	0.000	0.000	Peso 0.057
OBRA-15 Efic. 23,28%	Input	10	5	6	9	10	8	7	8	Output 8.258
	Peso	0.000	2.255	2.406	0.000	0.000	0.432	0.000	0.000	Peso 0.121

Tabela 10C - DMUs eficientes

DMUs		EP	PA	PE	SP	LP	MP	CPz	CP	ACR
OBRA-1	Dados	10	8	6	9	10	9	6	5	Output 94.889
	Peso	0.100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	Peso 0.011
OBRA-2	Input	10	9	5	7	5	3	1	4	Output 72.222
	Peso	0.412	0.000	0.000	0.000	0.176	0.000	0.000	0.000	Peso 0.014
OBRA-5	Input	8	10	7	7	6	9	10	3	Output 23.872
	Peso	2.424	0.000	0.000	0.540	0.149	0.000	0.625	2.951	Peso 0.042
OBRA-6	Input	10	6	8	9	9	7	9	1	Output 20.284
	Peso	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.920	Peso 0.049
OBRA-9	Input	9	7	5	9	10	9	10	10	Output 17.429
	Peso	1.375	0.884	5.841	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	Peso 0.057
OBRA-10	Input	6	5	6	8	10	7	6	5	Output 16.506
	Peso	0.542	2.398	3.504	0.000	0.000	0.000	0.976	0.000	Peso 0.061
OBRA-13	Input	10	5	5	10	7	10	7	8	Output 10.575
	Peso	0.000	1.739	1.858	0.000	0.564	0.000	0.000	0.000	Peso 0.095
OBRA-16	Input	7	9	8	10	7	3	10	3	Output 8.241
	Peso	41.928	0.000	0.000	50.943	0.000	18.799	0.000	34.809	Peso 0.121
OBRA-18	Input	8	1	8	10	9	10	7	6	Output 7.870
	Peso	0.000	1.456	0.000	0.000	0.867	0.000	0.000	0.000	Peso 0.127
OBRA-19	Input	10	4	7	5	10	8	10	4	Output 7.222
	Peso	1.174	1.685	0.000	1.101	0.000	0.000	0.000	0.993	Peso 0.138
OBRA-20	Input	10	5	5	9	10	8	8	7	Output 6.118
	Peso	4.829	3.157	21.378	0.000	0.000	0.364	0.000	0.000	Peso 0.163
OBRA-22	Input	10	3	6	9	9	10	8	1	Output 5.365
	Peso	10.786	0.000	0.000	2.403	0.665	0.000	2.781	13.130	Peso 0.186

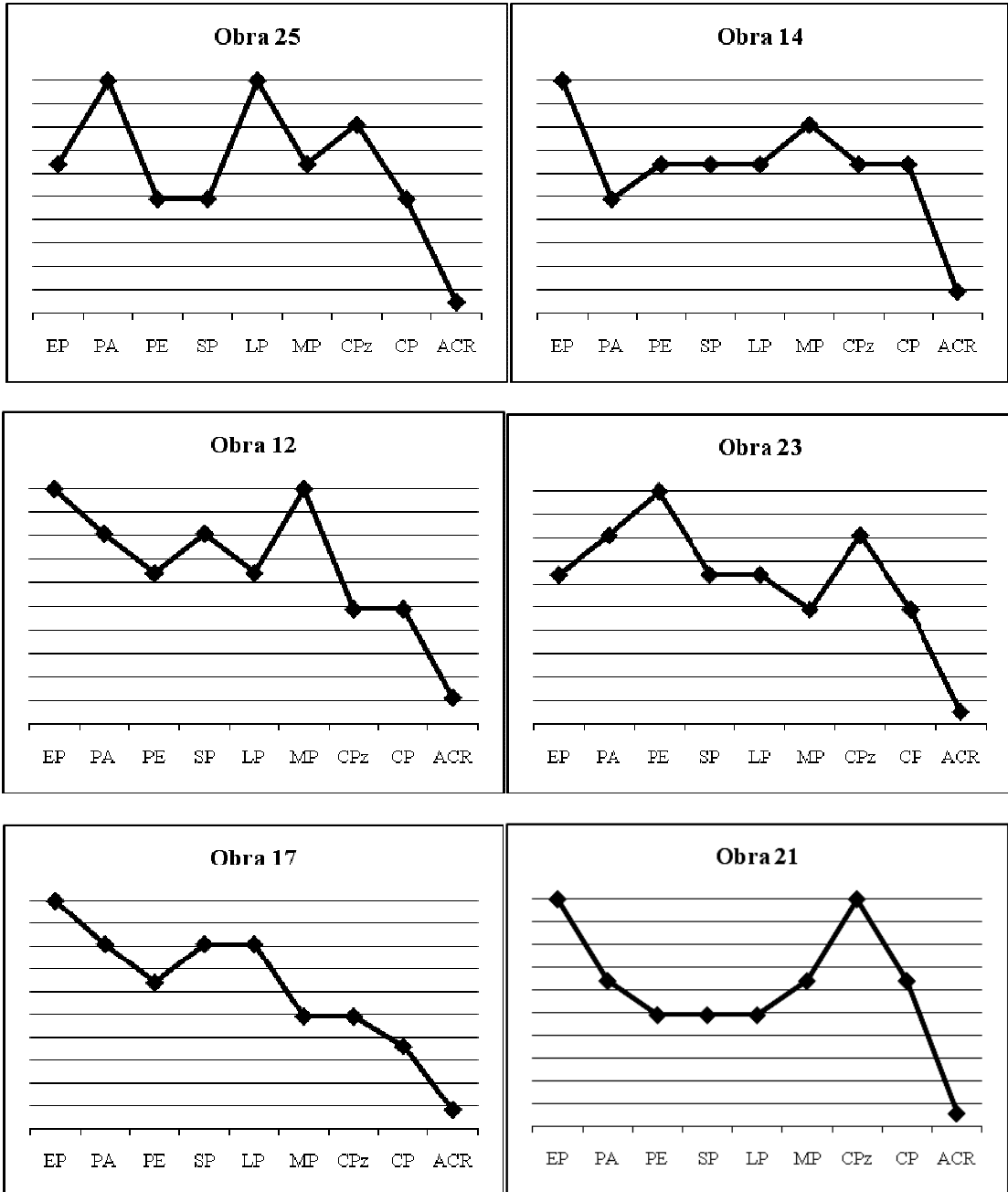
Anexo 11
 Construção de gráficos dos inputs (na forma quadrática) e os inputs

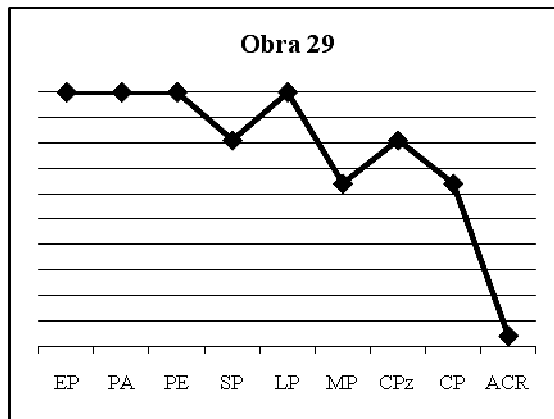
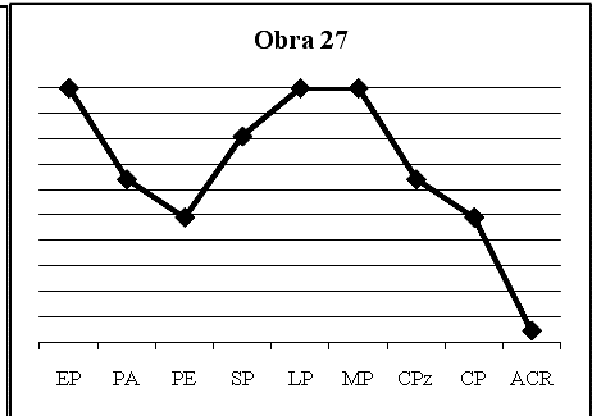
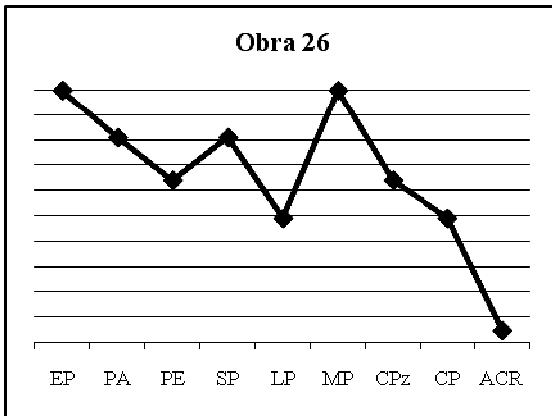
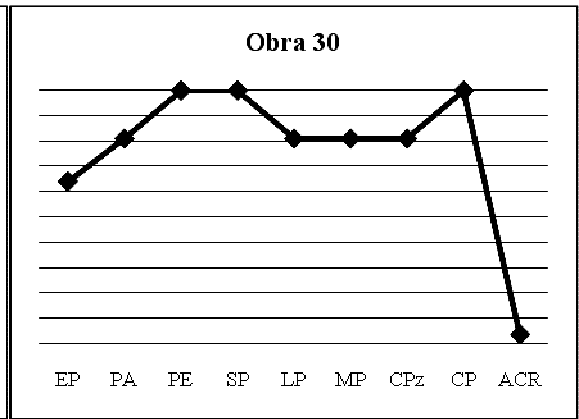
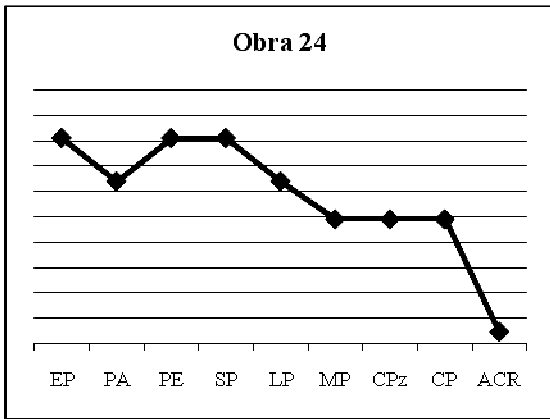
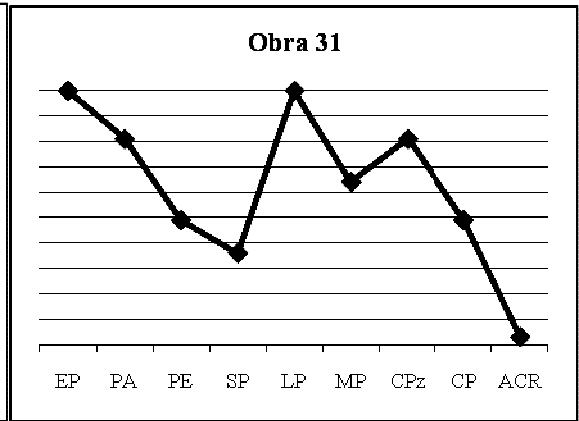
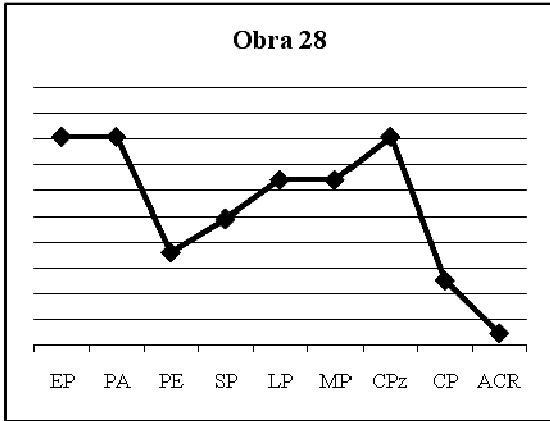
FONTE		ENTRADAS (INPUTs)							OUTPUT
DMUs	EP	PA	PE	SP	LP	MP	CPz	CP	ACR
OBRA-1	100	64	36	81	100	81	36	25	94.889
OBRA-2	100	81	25	49	25	9	1	16	72.222
OBRA-3	100	36	36	64	100	81	81	36	33.384
OBRA-4	81	64	49	64	81	49	81	64	32.383
OBRA-5	64	100	49	49	36	81	100	9	23.872
OBRA-6	100	36	64	81	81	49	81	1	20.284
OBRA-7	81	81	36	49	36	100	81	49	18.066
OBRA-8	100	100	64	49	49	81	49	36	17.515
OBRA-9	81	49	25	81	100	81	100	100	17.429
OBRA-10	36	25	36	64	100	49	36	25	16.506
OBRA-11	100	81	64	36	81	49	36	49	13.204
OBRA-12	100	81	64	81	64	100	49	49	11.209
OBRA-13	100	25	25	100	49	100	49	64	10.575
OBRA-14	100	49	64	64	64	81	64	64	9.335
OBRA-15	100	25	36	81	100	64	49	64	8.258
OBRA-16	49	81	64	100	49	9	100	9	8.241
OBRA-17	100	81	64	81	81	49	49	36	8.025
OBRA-18	64	1	64	100	81	100	49	36	7.870
OBRA-19	100	16	49	25	100	64	100	16	7.222
OBRA-20	100	25	25	81	100	64	64	49	6.118
OBRA-21	100	64	49	49	49	64	100	64	5.686
OBRA-22	100	9	36	81	81	100	64	1	5.365
OBRA-23	64	81	100	64	64	49	81	49	4.894
OBRA-24	81	64	81	81	64	49	49	49	4.757
OBRA-25	64	100	49	49	100	64	81	49	4.630
OBRA-26	100	81	64	81	49	100	64	49	4.559
OBRA-27	100	64	49	81	100	100	64	49	4.350
OBRA-28	81	81	36	49	64	64	81	25	4.247
OBRA-29	100	100	100	81	100	64	81	64	4.115
OBRA-30	64	81	100	100	81	81	81	100	3.472
OBRA-31	100	81	49	36	100	64	81	49	2.942

Legenda

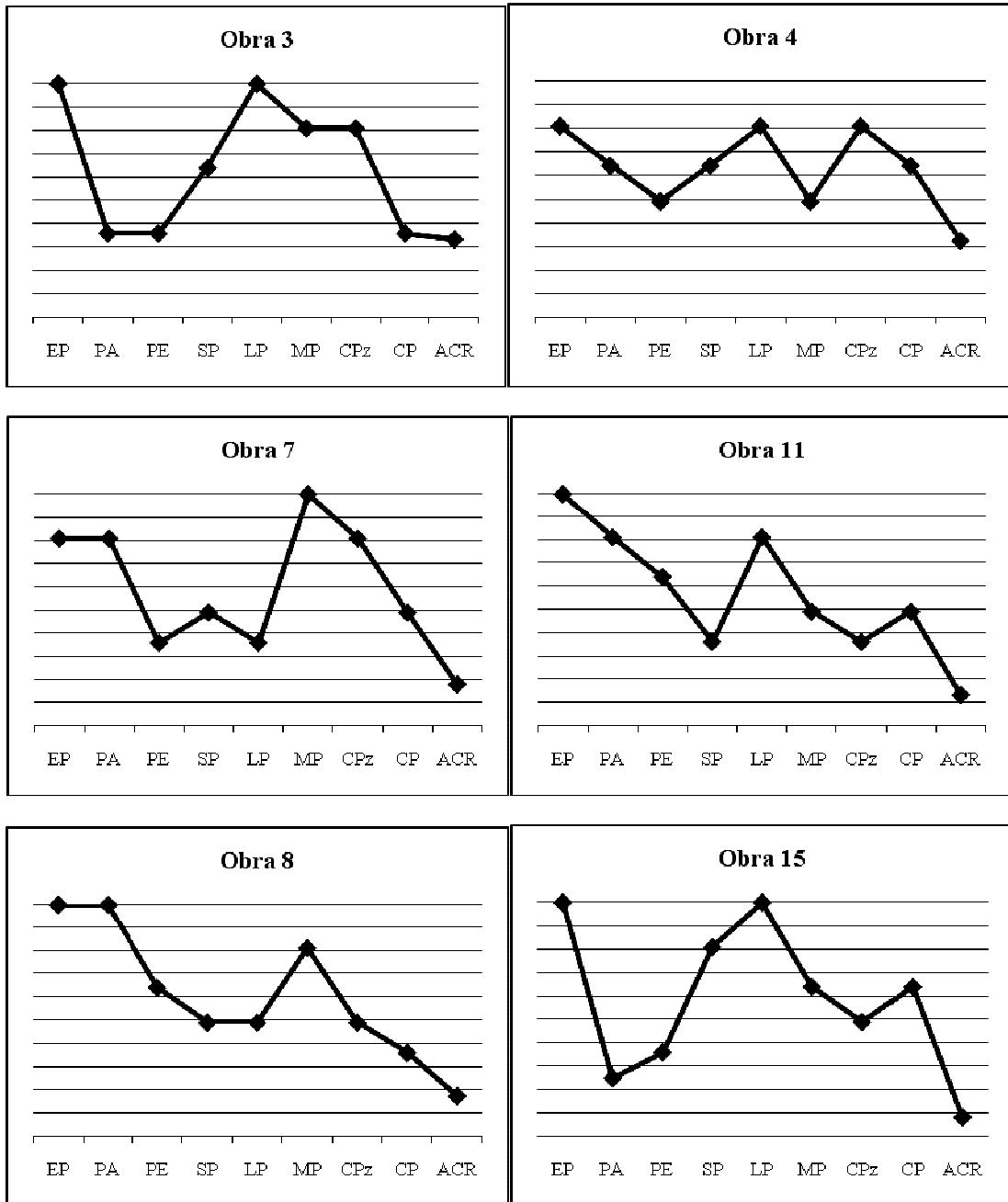
- EP Estratégia da produção
- PA Projeto Arquitetônico
- PE Projeto Executivo
- SP Projeto do Sistema de Produção
- LP Planejamento de Longo Prazo
- MP Planejamento de Médio Prazo
- CPz Planejamento de Curto Prazo
- CP Controle da Produção

Gráficos com inputs quadráticos e output normal relativo à tabela da página anterior (Anexo 11)
 DMUs com eficiência abaixo de 20%

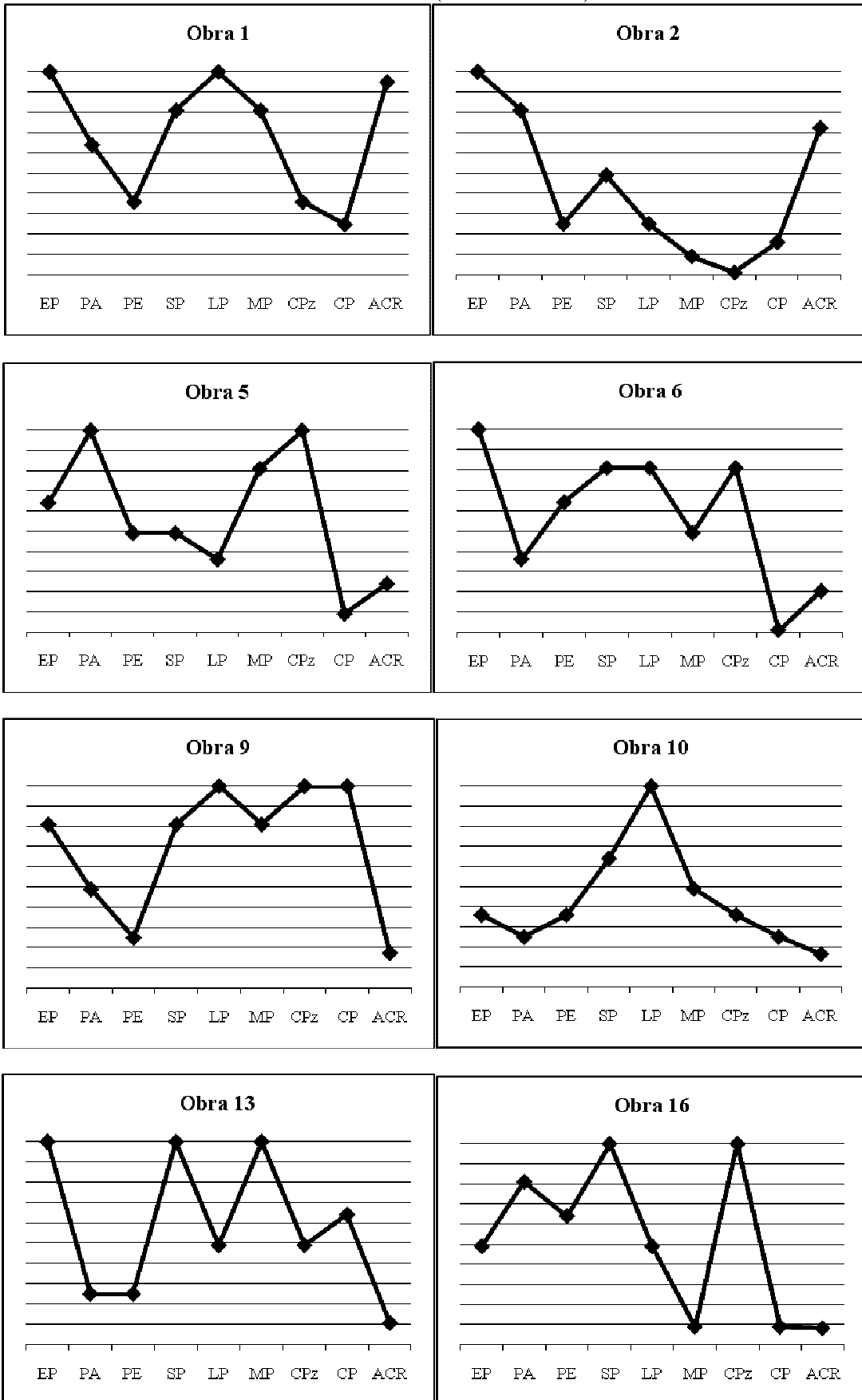


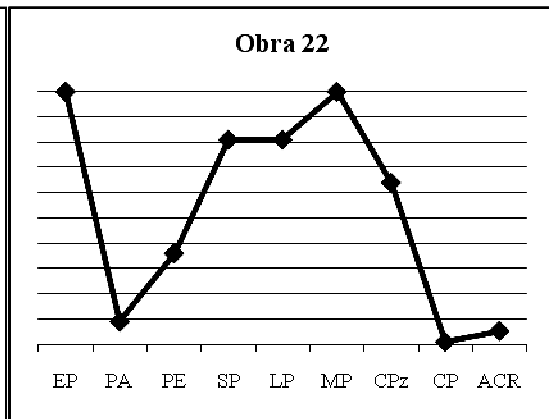
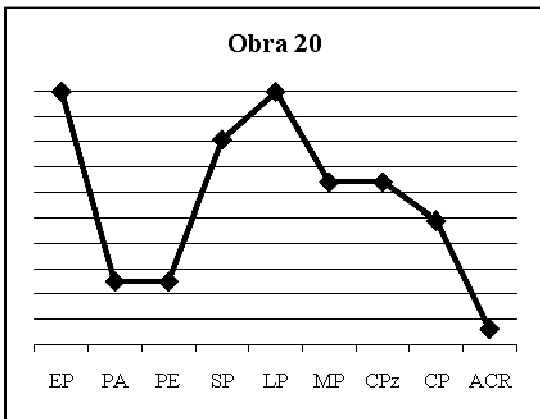
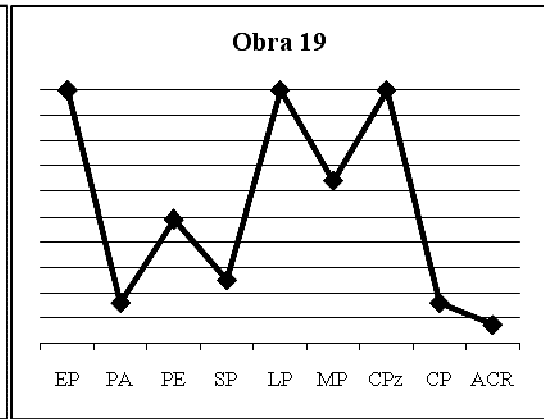
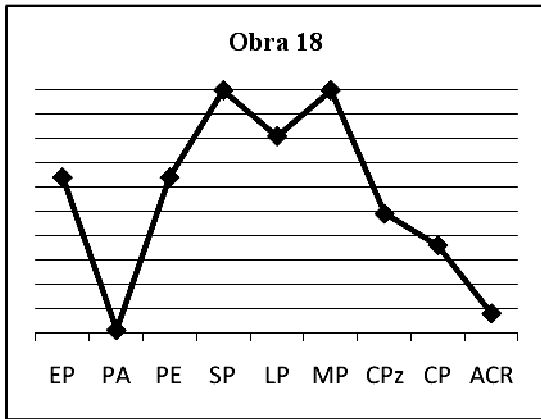


Eficiência entre 20% e 100%



DMUS Eficientes (Eficiência 100%)





Anexo 12

Eficiência das DMUs com a aplicação dos pesos de input e output, e fator de escala de uma DMU "K" em todas as demais.

De K = 1 até K = 11

DMU	K = 1	K = 2	K = 3	K = 4	K = 5	K = 6	K = 7	K = 8	K = 9	K = 10	K = 11
OBRA-1	100.0%	70.0%	100.0%	100.0%	36.4%	100.0%	62.2%	69.1%	59.8%	55.5%	69.1%
OBRA-2	76.1%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	94.7%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
OBRA-3	35.2%	24.6%	67.2%	40.0%	9.2%	29.4%	28.7%	31.9%	26.1%	23.8%	31.9%
OBRA-4	37.9%	34.8%	31.3%	48.5%	7.3%	21.5%	36.1%	30.9%	13.7%	12.1%	39.2%
OBRA-5	31.4%	94.2%	19.0%	61.7%	100.0%	41.7%	100.0%	33.1%	9.8%	6.7%	84.9%
OBRA-6	21.4%	16.5%	19.8%	21.4%	100.0%	100.0%	13.4%	14.8%	6.1%	7.9%	14.8%
OBRA-7	21.2%	32.8%	20.0%	32.6%	5.2%	13.7%	37.0%	25.0%	12.0%	7.2%	36.0%
OBRA-8	18.5%	17.9%	11.3%	24.3%	5.7%	15.4%	23.3%	24.3%	4.5%	4.6%	24.3%
OBRA-9	20.4%	16.5%	33.9%	22.3%	2.8%	9.3%	13.6%	12.7%	100.0%	13.5%	15.1%
OBRA-10	29.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	17.5%	100.0%	15.8%	100.0%	100.0%	100.0%
OBRA-11	13.9%	10.7%	10.3%	21.7%	3.7%	10.0%	31.4%	33.2%	3.5%	4.0%	33.2%
OBRA-12	11.8%	10.2%	7.2%	11.8%	2.7%	8.5%	7.5%	8.2%	3.0%	3.3%	8.2%
OBRA-13	11.1%	10.8%	36.6%	10.0%	2.2%	7.0%	5.7%	6.2%	100.0%	100.0%	6.2%
OBRA-14	9.8%	8.5%	8.4%	11.2%	1.9%	6.2%	8.2%	8.9%	2.7%	3.3%	8.9%
OBRA-15	8.7%	6.1%	20.1%	8.7%	1.7%	5.5%	5.4%	6.0%	7.3%	12.1%	6.0%
OBRA-16	12.4%	100.0%	5.3%	14.7%	100.0%	14.4%	7.5%	4.9%	2.7%	2.3%	8.0%
OBRA-17	8.5%	6.5%	5.1%	8.5%	2.3%	7.1%	5.3%	5.8%	2.1%	2.3%	5.8%
OBRA-18	10.4%	12.4%	53.3%	10.8%	3.3%	7.0%	5.7%	4.6%	3.8%	100.0%	6.3%
OBRA-19	7.6%	5.3%	100.0%	14.6%	3.6%	9.5%	100.0%	100.0%	3.6%	5.3%	100.0%
OBRA-20	6.4%	4.5%	31.4%	6.4%	1.4%	4.6%	4.0%	4.5%	57.8%	22.9%	4.5%
OBRA-21	6.0%	5.8%	5.8%	7.9%	1.1%	3.8%	7.6%	7.9%	2.2%	1.9%	7.9%
OBRA-22	5.7%	4.4%	100.0%	5.7%	100.0%	26.5%	3.6%	3.9%	6.6%	100.0%	3.9%
OBRA-23	6.4%	9.7%	2.7%	9.8%	1.6%	3.7%	7.7%	4.7%	0.9%	1.0%	8.1%
OBRA-24	5.6%	5.9%	3.0%	6.1%	1.4%	3.6%	3.8%	3.5%	1.1%	1.4%	4.1%
OBRA-25	6.1%	6.1%	3.7%	12.0%	1.5%	3.5%	15.4%	6.4%	1.9%	1.4%	16.5%
OBRA-26	4.8%	4.7%	2.9%	4.8%	1.1%	3.4%	3.1%	3.3%	1.2%	1.3%	3.3%
OBRA-27	4.6%	3.2%	3.7%	4.6%	1.0%	3.3%	2.8%	3.2%	1.7%	1.7%	3.2%
OBRA-28	5.0%	5.3%	4.7%	7.7%	2.0%	4.5%	8.2%	5.9%	2.8%	1.7%	8.5%
OBRA-29	4.3%	3.0%	1.9%	4.3%	0.8%	2.7%	2.7%	3.0%	0.7%	0.8%	3.0%
OBRA-30	4.6%	5.5%	1.7%	4.8%	0.6%	1.8%	2.5%	2.0%	0.7%	0.7%	2.8%
OBRA-31	3.1%	2.2%	2.8%	4.8%	0.7%	2.2%	6.8%	7.4%	1.1%	0.9%	7.4%
QUANT. (*)	1	3	5	3	6	2	4	2	4	5	3

(*) Quantidade que uma DMU K torna outras DMUs eficientes

Anexo 12

Eficiência das DMUs com a aplicação dos pesos de input e output, e fator de escala de uma DMU "K" em todas as demais.
(Continuação)

De K = 12 até K = 22

DMU	K = 12	K = 13	K = 14	K = 15	K = 16	K = 17	K = 18	K = 19	K = 20	K = 21	K = 22
OBRA-1	100.0%	91.9%	100.0%	100.0%	4.5%	100.0%	100.0%	100.0%	48.2%	100.0%	36.4%
OBRA-2	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	86.0%	100.0%	100.0%	100.0%
OBRA-3	35.2%	50.2%	55.8%	57.9%	1.7%	35.2%	46.4%	47.9%	21.1%	50.6%	9.2%
OBRA-4	45.8%	27.7%	39.3%	30.1%	1.7%	37.1%	36.8%	32.4%	11.0%	40.5%	7.3%
OBRA-5	63.6%	17.6%	26.8%	15.7%	100.0%	25.2%	26.4%	33.1%	7.8%	30.1%	100.0%
OBRA-6	22.4%	20.3%	31.3%	22.5%	3.0%	23.2%	31.1%	48.4%	4.9%	25.1%	100.0%
OBRA-7	31.6%	18.5%	23.8%	15.4%	1.1%	18.3%	22.9%	18.6%	9.6%	25.0%	5.2%
OBRA-8	21.5%	10.8%	18.9%	10.2%	1.1%	18.5%	18.0%	15.9%	3.5%	22.1%	5.7%
OBRA-9	23.1%	26.7%	21.3%	30.9%	0.5%	18.4%	20.9%	15.8%	100.0%	19.8%	2.8%
OBRA-10	100.0%	34.3%	35.4%	51.8%	100.0%	18.9%	27.3%	100.0%	100.0%	28.0%	100.0%
OBRA-11	14.6%	8.5%	16.9%	9.0%	1.2%	15.1%	13.3%	13.5%	2.8%	23.0%	3.7%
OBRA-12	13.1%	7.5%	11.1%	7.1%	0.4%	11.4%	12.1%	9.2%	2.3%	11.0%	2.7%
OBRA-13	13.0%	100.0%	19.9%	46.5%	0.3%	10.7%	26.4%	12.0%	100.0%	11.9%	2.2%
OBRA-14	10.9%	8.3%	14.2%	8.0%	0.4%	9.8%	13.4%	9.7%	2.1%	12.8%	1.9%
OBRA-15	8.7%	17.2%	14.9%	23.3%	0.3%	9.1%	13.6%	10.3%	6.0%	11.2%	1.7%
OBRA-16	36.6%	5.8%	7.8%	6.3%	100.0%	11.4%	9.6%	11.0%	2.2%	7.1%	100.0%
OBRA-17	8.9%	5.2%	7.7%	5.5%	0.4%	9.2%	8.1%	7.0%	1.7%	7.9%	2.3%
OBRA-18	15.4%	100.0%	100.0%	100.0%	0.3%	8.0%	100.0%	100.0%	3.0%	13.0%	3.3%
OBRA-19	7.6%	14.6%	100.0%	19.7%	100.0%	7.9%	14.7%	100.0%	2.9%	100.0%	3.6%
OBRA-20	6.4%	21.5%	11.0%	39.2%	0.2%	6.7%	10.1%	8.4%	100.0%	8.3%	1.4%
OBRA-21	7.0%	5.4%	8.6%	5.1%	0.3%	6.2%	7.6%	5.7%	1.7%	8.7%	1.1%
OBRA-22	5.9%	100.0%	21.1%	100.0%	0.5%	5.4%	17.4%	100.0%	5.2%	9.0%	100.0%
OBRA-23	10.5%	2.6%	5.3%	2.6%	0.4%	5.6%	5.3%	5.1%	0.7%	5.6%	1.6%
OBRA-24	7.2%	3.2%	5.4%	3.2%	0.2%	5.4%	5.9%	4.7%	0.9%	5.0%	1.4%
OBRA-25	8.3%	2.9%	4.5%	3.1%	0.5%	5.1%	3.9%	4.6%	1.5%	5.8%	1.5%
OBRA-26	5.6%	3.2%	4.7%	2.9%	0.2%	4.6%	5.3%	3.8%	0.9%	4.5%	1.1%
OBRA-27	4.6%	3.5%	4.6%	3.7%	0.2%	4.4%	4.6%	4.0%	1.3%	4.6%	1.0%
OBRA-28	6.4%	3.9%	5.1%	3.9%	0.5%	4.7%	4.6%	5.1%	2.3%	5.9%	2.0%
OBRA-29	4.3%	1.9%	3.4%	2.0%	0.1%	4.5%	3.5%	2.9%	0.5%	3.8%	0.8%
OBRA-30	6.8%	1.8%	3.1%	1.8%	0.1%	3.7%	3.5%	2.6%	0.5%	3.0%	0.6%
OBRA-31	3.1%	2.1%	3.6%	2.3%	0.2%	3.2%	2.8%	3.0%	0.9%	5.1%	0.7%
QUANT. (*)	3	4	4	4	5	2	3	5	5	3	6

(*) Quantidade que uma DMU K torna outras DMUs eficientes

Anexo 12

Eficiência das DMUs com a aplicação dos pesos de input e output, e fator de escala de uma DMU "K" em todas as demais.
(Continuação)

De K = 23 até K = 31 (Continuação)

DMU	K = 23	K = 24	K = 25	K = 26	K = 27	K = 28	K = 29	K = 30	K = 31	Média	Quant (**)
OBRA-1	100.0%	100.0%	69.1%	100.0%	100.0%	69.1%	100.0%	100.0%	69.1%	81.0%	17
OBRA-2	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	98.6%	28
OBRA-3	35.2%	35.2%	31.9%	35.2%	50.6%	31.9%	35.2%	35.2%	31.9%	34.9%	0
OBRA-4	45.8%	45.8%	39.2%	35.8%	40.5%	39.2%	46.5%	45.8%	30.9%	32.0%	0
OBRA-5	63.6%	63.6%	84.9%	31.1%	30.1%	84.9%	40.1%	63.6%	33.1%	49.1%	4
OBRA-6	22.4%	22.4%	14.8%	22.4%	25.1%	14.8%	23.2%	22.4%	14.8%	27.4%	3
OBRA-7	31.6%	31.6%	36.0%	23.5%	25.0%	36.0%	22.3%	31.6%	25.0%	22.4%	0
OBRA-8	21.5%	21.5%	24.3%	21.5%	22.1%	24.3%	18.5%	21.5%	24.3%	16.8%	0
OBRA-9	23.1%	23.1%	15.1%	18.4%	19.8%	15.1%	22.6%	23.1%	12.7%	23.0%	2
OBRA-10	100.0%	100.0%	100.0%	17.4%	28.0%	100.0%	100.0%	100.0%	15.8%	71.6%	19
OBRA-11	14.6%	14.6%	33.2%	14.6%	23.0%	33.2%	15.1%	14.6%	33.2%	15.9%	0
OBRA-12	13.1%	13.1%	8.2%	13.1%	11.0%	8.2%	11.4%	13.1%	8.2%	8.7%	0
OBRA-13	13.0%	13.0%	6.2%	13.0%	11.9%	6.2%	10.7%	13.0%	6.2%	23.6%	4
OBRA-14	10.9%	10.9%	8.9%	10.9%	12.8%	8.9%	9.8%	10.9%	8.9%	8.5%	0
OBRA-15	8.7%	8.7%	6.0%	8.7%	11.2%	6.0%	9.1%	8.7%	6.0%	8.9%	0
OBRA-16	36.6%	36.6%	8.0%	10.1%	7.1%	8.0%	43.1%	36.6%	4.9%	24.5%	4
OBRA-17	8.9%	8.9%	5.8%	8.9%	7.9%	5.8%	9.2%	8.9%	5.8%	6.2%	0
OBRA-18	15.4%	15.4%	6.3%	8.7%	13.0%	6.3%	12.4%	15.4%	4.6%	27.7%	6
OBRA-19	7.6%	7.6%	100.0%	7.6%	100.0%	100.0%	7.9%	7.6%	100.0%	43.8%	12
OBRA-20	6.4%	6.4%	4.5%	6.4%	8.3%	4.5%	6.7%	6.4%	4.5%	13.4%	1
OBRA-21	7.0%	7.0%	7.9%	7.0%	8.7%	7.9%	6.2%	7.0%	7.9%	5.9%	0
OBRA-22	5.9%	5.9%	3.9%	5.9%	9.0%	3.9%	5.4%	5.9%	3.9%	28.2%	7
OBRA-23	10.5%	10.5%	8.1%	5.7%	5.6%	8.1%	9.4%	10.5%	4.7%	5.6%	0
OBRA-24	7.2%	7.2%	4.1%	5.5%	5.0%	4.1%	6.8%	7.2%	3.5%	4.3%	0
OBRA-25	8.3%	8.3%	16.5%	4.9%	5.8%	16.5%	8.3%	8.3%	6.4%	6.4%	0
OBRA-26	5.6%	5.6%	3.3%	5.6%	4.5%	3.3%	4.6%	5.6%	3.3%	3.6%	0
OBRA-27	4.6%	4.6%	3.2%	4.6%	4.6%	3.2%	4.4%	4.6%	3.2%	3.4%	0
OBRA-28	6.4%	6.4%	8.5%	4.9%	5.9%	8.5%	5.8%	6.4%	5.9%	5.1%	0
OBRA-29	4.3%	4.3%	3.0%	4.3%	3.8%	3.0%	4.5%	4.3%	3.0%	2.9%	0
OBRA-30	6.8%	6.8%	2.8%	3.8%	3.0%	2.8%	5.8%	6.8%	2.0%	3.1%	0
OBRA-31	3.1%	3.1%	7.4%	3.1%	5.1%	7.4%	3.2%	3.1%	7.4%	3.5%	0
QUANT. (*)	3	3	3	2	3	3	3	3	2	---	---

(*) Quantidade que uma DMU K torna outras DMUs eficientes

(**) Quantidade que uma DMU é eficiente com os pesos e fator de escala de outra DMU.

Observação:

O valor zero na ultima coluna refere-se às DMUs ineficientes, ou seja, em nenhuma situação estas não são eficientes.