

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COECI - COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ALISSON DA COSTA CAMPOS

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA NA GESTÃO DE DESPERDÍCIOS EM
OBRAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL DE TOLEDO - PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TOLEDO
2019

ALISSON DA COSTA CAMPOS

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA NA GESTÃO DE DESPERDÍCIOS EM
OBRAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL DE TOLEDO – PR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel, do curso de Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Prof. Dr. Sandra R. S. Pinela

TOLEDO

2019



TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso de Nº 218

Avaliação Da Eficiência Na Gestão De Desperdícios Em Obras De Construção Civil De Toledo – PR

por

Alisson da Costa Campos

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 13:50 h do dia **20 de novembro de 2019** como requisito parcial para a obtenção do título **Bacharel em Engenharia Civil**. Após deliberação da Banca Examinadora, composta pelos professores abaixo assinados, o trabalho foi considerado **APROVADO**.

Prof.^a Dr.^a Lucia Bressiani
(UTFPR – TD)

Prof. Dr. Marcos Roberto Bombacini
(UTFPR – TD)

Prof.^a Dr.^a Sandra Regina da Silva Pinela
(UTFPR – TD)
Orientador

Visto da Coordenação
Prof. Dr. Fulvio Natercio Feiber
Coordenador da COECI

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise da eficiência de empreendimentos da construção civil baseado nas ações gerenciais com relação a redução desperdícios. A eficiência das ações gerenciais que são impostas a um empreendimento imobiliário são difíceis de serem mensuradas, existe uma grande dificuldade de estar quantificando o quanto uma tomada de decisão vai impactar na redução de resíduos dentro da obra, dessa forma uma análise envoltória de dados se mostrou bastante pertinente para analisar tal fenômeno. O estudo pretende quantificar empreendimentos que possuem ações gerenciais que se mostram eficientes na redução de desperdício, aumentando os lucros da obra e auxiliando nas tomadas de decisões futuras. Obras que possuem uma geração de resíduos alinhada a uma eficiência nos mostra quais ações que tem maior impacto durante toda a sua concepção e execução, melhorando o custo e a própria organização de cada empreendimento.

Palavras-chaves: Análise Envoltória de Dados; Resíduos; Construção Civil.

ABSTRACT

This work presents an efficiency analysis of construction projects based in managing actions related to waste reduction. The managing actions' efficiency that are imposed to a real estate development are difficult to be measured, there is a big difficult to quantify how much a decision making will impact on reducing waste within the construction area. Thus, an analyze data wrap was quite pertinent to analyze such phenomenon. The study aims to quantify projects that have managerial actions that prove to be efficient in waste reduction, increasing the project profits and assisting in future decision making. Constructions that have efficiency waste generation aligned to efficiency show us which actions have the greatest impact during all their conception and a execution, improving the cost and the own organization of each enterprise.

Keywords: Data Envelopment Analysis; Waste; Construction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: O processo de projeto no desenvolvimento de um empreendimento imobiliário	21
Figura 2: Fluxograma da etapa de Projeto Executivo.....	22
Figura 3: Produtividade x Eficiência	28
Figura 4: Curva de um processo de produção	28
Figura 5: Alcance da fronteira de eficiência	29
Figura 6: Representação das fronteiras CCR e BCC com orientação para <i>output</i> e <i>input</i>	34
Figura 7: Tela do SIADv3	42
Figura 8: Eficiência das DMUs do município de Toledo	49
Figura 9: Importância relativa dos pesos em ordem decrescente	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Áreas Gerenciais e suas respectivas ações com maior pontuação em Barreto (2010)	38
Tabela 2: Variáveis de entrada.....	44
Tabela 3 : Amostra Pesquisa	45
Tabela 4: Dados para aplicação de DEA no SIADv3	46
Tabela 5: Resultado da aplicação dos dados da pesquisa no SIADv3 - DEA.....	47
Tabela 6: Eficiência das DMUs do município de Toledo	48
Tabela 7: Pesos das variáveis na eficiência das DMUs (Obras).....	49
Tabela 8: Pesos DMU – TOL-01	50
Tabela 9: Estudo dos pesos proporcionais das variáveis relativos às DMUs de Toledo	51
Tabela 10: Folgas DMU TOL-01	52
Tabela 11: Folgas DMU TOL-02	53
Tabela 12: Folgas DMU TOL-03	53
Tabela 13: Folgas DMU TOL-04	54
Tabela 14: Folgas DMU TOL-05	54
Tabela 15: Matriz de Benchmarks das obras situadas em Toledo	55

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
1.1. JUSTIFICATIVA.....	9
1.2. OBJETIVOS.....	10
1.2.1. Objetivo Geral	10
1.2.2. Objetivos Específicos.....	10
2. REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1. DESPERDÍCIOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	12
2.1.1. Resíduos de Construção e Demolição (RCD)	13
2.1.2. Desperdício de Resíduos da Construção Civil (RCC)	14
2.1.3. Indicador de desperdício	15
2.2. AS AÇÕES GERENCIAIS EM EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS	16
2.2.1. Estratégia de Produção (EP).....	17
2.2.2. Projeto Arquitetônico (PA).....	18
2.2.3. Projeto Executivo (PE)	20
2.2.4. Projeto do Sistema de Produção (SP).....	22
2.2.5. Planejamento de Produção (Longo, Médio e Curto Prazo).....	24
2.2.6. Controle da Produção (CP)	25
2.3. ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)	26
2.3.1. Eficácia	26
2.3.2. Produtividade.....	26
2.3.3. Eficiência	27
2.3.4. A construção ou composição da DEA	29
2.3.5. Modelos DEA.....	31
2.3.6. Principais características do modelo DEA	35
3. MATERIAIS E MÉTODOS	37
3.1. Escolha das Variáveis.....	37
3.2. Coleta de dados	39
3.3. Aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA).....	41
3.4. Uso do programa SIAD na simulação do DEA	41
4. RESULTADOS E ANÁLISE	43
4.1. Aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA).....	43
4.1.1. Amostra da pesquisa.....	43

4.1.2. Dados para aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA).....	44
4.1.3. Análise dos resultados do Processamento dos dados no SIADv3.....	47
4.1.4. Análise individual das DMUs do município de Toledo.....	52
4.2. Fatores de <i>Benchmark</i>	54
4.3. Considerações sobre o capítulo.....	55
5. CONCLUSÕES.....	56
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
7. ANEXOS.....	60

1. INTRODUÇÃO

É muito comum quando mencionada a palavra desperdício atribuí-la aos materiais e à geração de resíduos sólidos, principalmente no setor da construção civil. Em uma perspectiva de perdas, é possível entender que o gerenciamento no processo de construção de empreendimentos imobiliários é de suma importância para a minimização do desperdício (LIMA; LIMA, 2009)

Independente do tamanho da obra ou da categoria do empreendimento imobiliário, pode-se medir elementos da gestão, coletando informações que possibilitem verificar a que nível as ações gerenciais que são aplicadas na obra interferem na eficiência com relação ao desperdício.

O processo construtivo de uma obra é altamente repetitivo e sofre mudanças de forma repentina, principalmente devido à natureza do mercado cada vez mais tendo em vista, as constantes exigências dos clientes que variam desde a qualidade aos requisitos de custo. Assim, um processo construtivo causa bastante interferência devido ao desperdício que é gerado no empreendimento (SOARES; RODRIGUES; MIRANDA, 2018). A eficiência do processo construtivo de uma obra não deve sofrer alterações diante das mudanças do mercado. O processo gerencial deve auxiliar e procurar sempre melhoria contínua tanto nos ambientes internos quanto nos externos, com o intuito principal de superar todas as adversidades.

A difícil tarefa de estar correlacionando as ações gerenciais de uma obra a respeito da eficiência em relação aos desperdícios requer o uso de metodologias que podem ajudar nesta comparação. A Análise Envoltória de Dados (DEA) é uma abordagem que pode comparar as eficiências das ações gerenciais com o desperdício. Todos os resíduos gerados nas obras têm uma correlação com estas ações e podem impactar diretamente em custo.

1.1. JUSTIFICATIVA

Segundo Drucker (2002), existe um paradoxo quando a eficiência é tratada, porque é importante qualquer empresa alcançar os níveis de eficiência desejados, mas ela pode ser muito eficiente e tomar decisões estratégicas ruins, ou seja, sem eficácia. Desta forma, este estudo se justifica para demonstrar sob quais ações

gerenciais deve se concentrar os esforços, para que impliquem de forma eficiente e alcancem a devida eficácia em relação à redução do desperdício.

Existe uma busca constante por conhecimento de o quanto as ações gerenciais que são aplicadas nas obras de construção civil impactam na eficiência geral. A aplicação de uma Análise Envoltória de Dados, se mostra bastante pertinente para identificar empresas com maior eficiência quanto as suas decisões. Esse método de Programação Linear, permite comparar a eficiência de diferentes unidades produtivas a partir de múltiplos critérios de insumo e produtos.

Desta forma, o propósito deste trabalho é analisar a eficiência das ações gerenciais de um grupo de obras de uma empresa do setor de construção civil na cidade de Toledo, por meio da técnica de Análise Envoltória de Dados (*DEA, Data Envelopment Analysis*). Estas obras serão consideradas unidades tomadoras de decisão (*DMUs, Decision Making Units*), que vão ser classificadas como eficientes ou ineficientes em relação ao desperdício. Para determinar a eficiência relativa entre as obras, serão levantadas e definidas variáveis, explicadas mais adiante.

1.2. OBJETIVOS

Com o propósito de nortear o desenvolvimento do trabalho, os objetivos foram elaborados e especificados a seguir.

1.2.1. Objetivo Geral

Analisar a eficiência de empreendimentos imobiliários de uma construtora situada em Toledo - PR no que tange à redução de desperdícios, por meio da Análise Envoltória de Dados.

1.2.2. Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram definidos.

- a) Levantar na literatura disponível os fatores das áreas gerenciais que interferem e têm relação com o processo de redução de desperdícios nos empreendimentos imobiliários.
- b) Levantar a percepção dos gestores das obras da empresa em estudo, com relação à importância de ações gerenciais para a redução dos desperdícios.
- c) Determinar o grau de importância das ações gerenciais, a partir das percepções dos gestores entrevistados.
- d) Definir as variáveis que irão compor o modelo DEA, considerando as obras do trabalho de Barreto (2010).
- e) Comparar a eficiência entre os empreendimentos imobiliários e apontar as ineficiências relacionadas aos desperdícios.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo vão ser abordados temas que têm como propósito fundamentar este trabalho. Ele será dividido em três seções com o intuito de tornar claro conceitos adotados para o estudo. A primeira vai abordar o problema do desperdício na construção civil. A segunda irá discorrer sobre as decisões gerenciais na construção de um empreendimento imobiliário, que interferem na redução de desperdícios. Na terceira seção será apresentada a ferramenta utilizada para a coleta de dados e sua respectiva análise.

Primeiramente, procurou-se compreender a formação das variáveis e, em seguida o trabalho traz elementos da abordagem denominada DEA. Por fim, serão destacadas as principais considerações dos autores consultados.

2.1. DESPERDÍCIOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

É muito visível nos dias atuais a preocupação com as alterações que o meio ambiente sofre em consequência das ações do homem, é quase que imprescindível que se tenha regulamentações ambientais visando um desenvolvimento sustentável (BARRETO, 2010).

Segundo Ferreira *et al.* (2014) com o aumento da população de forma desenfreada aliada ao processo de urbanização dos municípios, tem colaborado de forma significativa para a geração de resíduos da construção civil que hoje representam uma grande parcela do total gerado.

Atualmente os municípios brasileiros recolhem cerca de 45 milhões de toneladas de resíduos provenientes da construção civil, e esse valor corresponde aproximadamente a 123.421 toneladas por dia (ABRELPE, 2017).

É muito importante para a gestão de uma obra que a quantidade de resíduos seja monitorada, que muitas vezes representam uma parcela significativa do custo da obra, seja de materiais que foram desperdiçados, assim como os provenientes de retrabalho, ou seja, alguma atividade que foi feita e por algum motivo teve de ser refeita, gerando um resíduo que inicialmente não foi planejado. Desta forma, este capítulo irá tratar dos conceitos básicos dos resíduos da construção civil, como eles são desperdiçados e como pode ser analisada a eficiência da obra por meio da análise envoltória de dados.

2.1.1. Resíduos de Construção e Demolição (RCD)

Grande parte dos desperdícios na construção civil se deve a má gestão dos resíduos que são provenientes da sua operação. O que é conhecido como resíduos sólido na construção civil tem características mais específicas e são provenientes das mais diversas classificações quanto à procedência. Eles podem ser oriundos de obras viárias, escavações, demolição, reformas, limpeza de terrenos, entre outros processos construtivos (PINTO, 1999).

Segundo Barreto (2005), é comum serem encontradas definições variadas para os resíduos provenientes de construções e demolições, sendo a mais clara e objetiva a apresentada na Resolução nº 307 do CONAMA.

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 etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha (CONAMA, 2002).

Segundo o seu Art. 3º da Resolução 307 CONAMA, a classificação dos resíduos da construção civil é feita da forma a seguir.

Classe A, consideram os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados:

- a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
- b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
- c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.

Classe B, são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso (CONAMA Resolução nº 469/2015).

Classe C, são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis, que permitam a sua reciclagem ou recuperação (CONAMA Resolução nº 431/11).

Classe D, são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde, oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos, e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde. (CONAMA Resolução nº 348/04)

Essa classificação auxilia na divisão dos resíduos e nas suas corretas destinações. Sua composição também será muito variada, conforme a região e tecnologia em que está sendo executado o empreendimento. Por exemplo, algumas regiões fazem mais uso de tijolos de cerâmica devido a sua disponibilidade, enquanto em outras regiões a grande maioria é de tijolos de concreto, o que irá alterar a composição do resíduo no produto final (FERREIRA et al., 2014).

Segundo Calixto (2017), as atividades de construção civil vem despertando uma atenção especial no cenário atual devido à grande quantidade de resíduos, provenientes do crescimento acelerado das áreas urbanas no Brasil. De acordo com Pinto (1999), em uma comparação simples é possível dizer que a quantidade de RCD é duas vezes maior que a quantidade de resíduos domiciliares, situação que afeta diretamente a degradação ambiental, que se intensifica pela negligência de políticas públicas e de seu próprio gerenciamento nos empreendimentos.

2.1.2. Desperdício de Resíduos da Construção Civil (RCC)

Segundo Barreto (2010), é muito importante ressaltar que a atividade da construção civil figura entre umas das principais atividades econômicas do país. O que chamamos de desperdício na construção civil é geralmente associado com as perdas de materiais que geram os resíduos. A perda considerada inevitável, se refere a alguns serviços que durante a execução da obra terão uma geração de resíduo natural, essa parcela pode variar de acordo com as medidas de controle que são aplicadas as funções, ou seja, essa perda pode ser evitada ou sofrer diminuição de volume. Já a fração evitável é o que chamamos de desperdício. No entanto, toda perda é reflexo de ineficiência, seja no uso de equipamentos, de materiais, de mão-de-obra e de capital de forma desorganizada, o que gera o desperdício de materiais e custos, desnecessários para a obra.

No ambiente das construções, é muito comum que a definição de perda seja distorcida, por ser considerado entulho, ou seja tudo aquilo que não tem mais valor para a obra, que vem a sobrar no final da execução do projeto. Esse conceito não é correto, pois leva ao entendimento que toda obra que não tem entulho, ao seu término é uma obra eficiente, ou seja, não precisa de processos de melhorias, quando se é comparada com a construção enxuta percebe-se que as percas estão ligadas ao consumo de recursos de qualquer natureza, mão de obra, equipamentos, material, funcionários e até mesmo capital (ISATTO et al., 2000).

Grande parte dos resíduos produzidos na construção civil, chamado de entulho, tem sua destinação feita de maneira correta, com a reciclagem e o emprego em possíveis soluções construtivas que reduzem o impacto dos Resíduos da Construção Civil (RCC) no meio ambiente. Entretanto, uma outra grande parte destes resíduos é destinada de forma desenfreada em aterros sanitários (BARRETO, 2010).

É importante ressaltar a definição do que é o chamado entulho, objeto deste estudo. Ele representa todo o material que vem a se acumular depois da desocupação ou utilização de uma área e que porventura não tem fim. Viabilizar o uso da sobra evita o desperdício, o que o classifica como resíduo. Muitas vezes, eles são utilizados dentro do próprio canteiro de obras na forma de aterros, incineração, reciclagem, reutilização ou compostagem, ou seja, são empregadas finalidades além daquelas específicas do material. Assim, o entulho vai ser a parcela não aproveitada no local e não utilizada no processo construtivo da obra devendo ser descartado (BARRETO, 2010).

O grande diferencial nas construções consideradas sustentáveis, são as maneiras com que se empregam tecnologias que ajudam na minimização das perdas, de forma que não se afete o meio ambiente. Uma forma bastante simples de se conseguir isso é empregar a reciclagem de matérias que muitas vezes podem ser feitas na própria obra em que se gerou o resíduo (BARRETO, 2010).

2.1.3. Indicador de desperdício

Para se aplicar uma Análise Envoltória de Dados através das ações gerenciais de uma obra é necessário ter um indicador que represente valores para a análise. Desta forma, o presente trabalho associa a medida de desperdício à geração de entulho nas obras pesquisadas.

Segundo Novaes e Mourão (2008) é possível se obter um indicador que representa a geração de entulho de uma obra. Segundo os autores, ele se dá pela divisão do volume total de resíduo gerado em metros cúbicos (m^3), valor que é dado de forma pré-definida pelo tamanho do container, pela área total construída em metros quadrados (m^2). Com os dados deste indicador foi gerado outro, que é a altura em centímetros (cm) de resíduo gerado, para cada m^2 de área construída.

É possível comparar a proporção de entulho com relação à construção executada. Um comportamento percebido é que o indicador se apresenta diretamente proporcional à quantidade de entulho gerado, e inversamente proporcional à sua redução (NOVAES; MOURÃO, 2008).

Com o cálculo acima descrito, Barreto (2010) obteve o indicador que apresentou uma proporcionalidade em relação a redução de entulho, chamado de Área Construída por Resíduo (ACR), que foi utilizado como referência para este trabalho e descrito na Equação 1. Este indicador representa a divisão da área total construída em m^2 pelo volume de resíduo gerado em m^3 .

É possível observar que o indicador é o inverso do criado por Novaes e Mourão (2008) e é diretamente proporcional a redução de entulho na obra, ou seja, quanto maior seu valor melhor será a redução de desperdício, ou entulho da obra.

$$ACR = \frac{\text{Área construída total (m}^2\text{)}}{\text{Volume de resíduo gerado (m}^3\text{)}} \quad (1)$$

Tendo a área total construída com relação a quantidade de entulho que a obra produz, é possível calcular o valor do ACR de cada obra, o que permite indicar a redução de desperdício de cada obra. Esse valor vai ser o produto das ações gerenciais implantadas no estudo de Barreto (2010) e faz parte do presente trabalho.

2.2. AS AÇÕES GERENCIAIS EM EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS

Um empreendimento imobiliário é de diversas áreas gerenciais, responsáveis pelas tomadas de decisões da concepção a execução de um empreendimento. Desta forma este capítulo procura destacar as áreas gerenciais que podem impactar no processo de redução de desperdício do empreendimento, sendo elas: Estratégia de Produção, Projeto Arquitetônico, Projeto Executivo, Projeto do Sistema de Produção,

Planejamento de longo prazo, Planejamento de médio prazo, Planejamento de curto prazo e Controle da Produção.

2.2.1. Estratégia de Produção (EP)

Para Barbosa (2005), a definição de como as empresas agem para definir sua estratégia operacional deve satisfazer desde acadêmicos aos gestores. É de suma importância que os gestores tenham de forma clara a sua estratégia de produção, afim de gerar economia de tempo e eficiência no processo de sua formulação.

Todo grupo de decisões estratégicas do setor da construção civil envolve identificação, consideração e análise de muitos fatores de risco. No entanto nem sempre esses fatores são levados em consideração, a estratégia acaba sendo de modo informal e pouco estruturada, muitas vezes acabando se limitando as análises de fluxo de caixa dos empreendimentos (SILVEIRA, 2017).

Para Barros Neto (1999) a estratégia de produção é dada por um conjunto de decisões que são alinhadas à visão estratégica e administrativa da empresa. Inicialmente a produção é somente responsável pela transformação de matéria prima, energia e informações em bens e serviços. É importante entender que a produção tem um papel fundamental no processo e vem de forma implícita a fazer parte do planejamento estratégico da empresa, buscando se antecipar tendências da área. Essa estratégia administrativa por parte das empresas é dada por um conjunto de ações planejadas relacionadas ao ambiente competitivo existente.

A estratégia de produção quando ligada a empresarial, implica em maior competição devido a visão mais ampla das metas e dos seus indicadores. É muito importante que se crie uma rede estratégica que liga a produção as demais partes da empresa, criando objetivos específicos do desdobramento do objetivo geral da empresa. É importante entender esta associação entre os processos estratégicos da empresa, mas o enfoque neste trabalho está relacionado à estratégia de produção (BARRETO, 2010).

Segundo Barreto (2010), a estratégia de produção tem se alinhado a novas tendências para uma melhor administração e melhor resultado no contexto geral, e cita quatro delas que são mais visíveis. Primeiro, a implementação de novos sistemas construtivos visando melhores resultados, a segunda seria a transferência do processo produtivo da obra para o setor de materiais, padronizando atividades

repetitivas. Em terceiro, temos a redução de gastos com recursos humanos e a quarta, incrementar a produtividade no canteiro de obras, sempre procurando uma melhor eficiência dos processos.

O mercado se tornou muito competitivo nos últimos anos, hoje se busca um pleno atendimento aos clientes, antes, durante e após a conclusão do produto ou serviços. As empresas tiveram que buscar inovações que alinhassem a sua estratégia com o processo construtivo. Isso é mais limitado para empresas pequenas com limitações quanto a inovações, o que pode gerar o não alinhamento entre estratégia e produção (SILVEIRA, 2017).

Dessa forma, é diferente do passado, torna-se importante que a produção tenha forte conexão com todas atividades da empresa. Isso ajuda na formulação de melhor estratégia para a produção.

Segundo Barros Neto (1999), a estratégia de produção deve ter decisões consistentes sobre a organização do processo produtivo da obra. Uma boa relação com fornecedores é uma decisão gerencial que pode implicar diretamente na redução de desperdício.

A integração vertical de um empreendimento de obras civis pode reduzir os custos de produção por meio de diminuição de custos de transporte, melhor qualidade dos produtos utilizados, garantia de prazos de entrega, e maior conformidade com as especificações e necessidades da obra. Esse processo pode interferir muito em atividades que não agregam valor para o empreendimento. Essa verticalização deve ajudar na redução de movimentação no local de trabalho, transporte dos materiais, superprodução, e até retrabalho, que são atividades potenciais na geração de desperdício.

A partir desses argumentos, fica evidente o quanto uma estratégia de produção, conectada a todas as funções da empresa auxilia para melhor tomadas de decisões sobre projetos com foco no seu sistema de produção (SILVEIRA, 2017).

2.2.2. Projeto Arquitetônico (PA)

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

Todo projeto arquitetônico é um elemento fundamental no processo de produção de um empreendimento imobiliário. No momento de iniciar uma obra, o projeto é concebido, assim como os materiais que serão utilizados vão ser definidos e suas respectivas técnicas construtivas para sua implementação. Logo, a falta de um projeto detalhado, com especificações incompletas de materiais e procedimentos, pode ocasionar decisões que na fase de execução vão gerar mais custos e desperdício de materiais. As maiores influências na geração de resíduos na fase de projeto são tipo/total de pavimentos; reaproveitamento de resíduos no canteiro; índice de compacidade; sistema produtivo e área do pavimento tipo (RAMÃO et al., 2018).

A origem da maioria dos problemas de patologias de obras ocorre na fase de elaboração do projeto arquitetônico. Entretanto, devido ao foco nos aspectos estratégicos do gerenciamento, e do fluxo de caixa para a etapas de comercialização, acaba então se deixando o projeto arquitetônico para segundo plano, não se aplicando medidas de melhoria para tal atividade, como soluções construtivas, que podem vir a gerar desperdícios e ao surgimento de patologias. Ao gerente do canteiro de obras ficam decisões relevantes tanto ao projeto quanto a sua execução, gerando riscos e agravando as perdas (BARRETO, 2010).

Segundo Barreto (2010) é na fase do projeto que se decide como a obra vai ser produzida, seus materiais, e exclusivamente quanto ao seu uso e sua futura manutenção, o que é possível conectar as perdas com a falta de foco na fase de projeto do empreendimento.

Todo projeto arquitetônico tem forte relação com o produto que será entregue ao consumidor, ou usuário, assim como existe relação com a produção dele, é o ponto entre o que foi projetado e o que vai ser entregue ao consumidor final. Devido a uma interação falha entre essas partes surgem as não conformidades, ou seja, o projeto foi concebido sem a perspectiva da execução da obra. Todo esse conjunto de não conformidades é traduzido em perdas e desperdícios de materiais e componentes, ociosidade de mão-de-obra e de equipamentos, que vem a provocar muitos prejuízos financeiros que nem sempre são possíveis de mensurar (BARRETO, 2010).

Na literatura o projeto arquitetônico é listado como um processo muito importante para todo o conjunto da obra, e inclui a fase de execução e de manutenção do empreendimento. Fatores como modulação, padronização, precisão, normalização, permutabilidade, mecanização, repetitividade, divisibilidade, transportabilidade e custo, fazem com que a fase de projeto traga qualidade e

racionabilidade para a obra. Os sistemas construtivos devem sempre buscar a minimização das perdas, ou pode ser também obtido na fase de projeto, com a escolha de materiais de forma criteriosa, e com a adoção de tecnologias que minimizem estas perdas (BARRETO, 2010).

Ainda segundo Barreto (2010) apud Mikaldo Jr e Scheer (2007), é muito importante que os projetos sejam compatibilizados com soluções integradas entre todas as divisões do projeto, tornando-os projetos compatíveis entre si. É necessário observar e solucionar as interferências ainda na fase de projeto em eventuais encontros que podem ser discutidas entre os mais diversos profissionais que compõe a concepção do projeto. Dessa forma, os problemas são antecipados, evitando desperdícios de esforços e tempo na obra.

Outros dois fatores levados em conta pelos gestores da obra para minimizar perdas e de desperdícios, além da redução de impactos, são as características do canteiro de obras. A sustentabilidade da obra está ligada ao canteiro, assim como a vida útil do empreendimento. Esses fatores levados em conta na fase de projeto podem trazer benefícios significativos para o gerenciamento da obra (BARRETO, 2010).

2.2.3. Projeto Executivo (PE)

É também considerado uma área de tomada de decisões a fase do Projeto Executivo, tendo impacto na geração de desperdícios, principalmente pela relação que há entre esse processo e a determinação de como vão ser utilizados os materiais e como se darão os processos construtivos

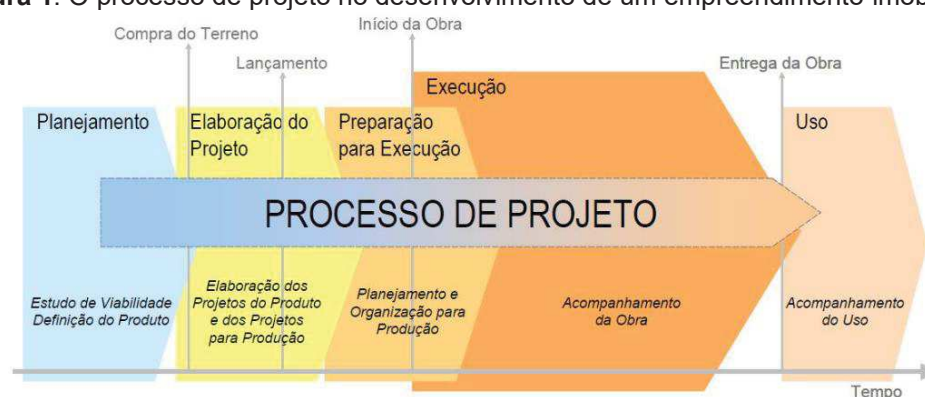
Segundo Barreto (2010) apud Franco e Agopyan (1993), é na fase de projeto executivo que são levantados todos os detalhes a respeito da execução do projeto. É muito importante que haja os conceitos da racionalização nesta fase, gerando uma redução nos desperdícios de materiais, garantia de qualidade, segurança e um menor custo de execução. Essa racionalização se dá pela elaboração de um projeto que garanta eficiência reduza custos e aumente o desempenho. Desenhos, detalhes, informações pertinentes à tecnologia empregada e processo de montagem de elementos é primordial para que o projeto executivo seja eficiente.

Todo o processo de projeto da obra é interligado assim como podemos ver na Figura 2. Na fase de Projeto Executivo é muito importante que o projeto executivo seja

dotado de desenhos, detalhes e informações necessárias para a realização de todos os serviços na execução da obra. Naquelas em que se baseiam somente nos projetos arquitetônicos e estrutural podem vir a ter vários problemas gerados pela carência de informações referentes a execução da obra. As decisões, nestes casos acabam sendo tomadas sem um levantamento prévio que podem interferir diretamente na produtividade e na qualidade da obra (BARRETO, 2010).

Para melhor compreensão dos processos inerentes aos projetos, Arrotéia, Amaral e Melhado (2014) esquematizaram um resumo, constante na Figura 2.

Figura 1: O processo de projeto no desenvolvimento de um empreendimento imobiliário

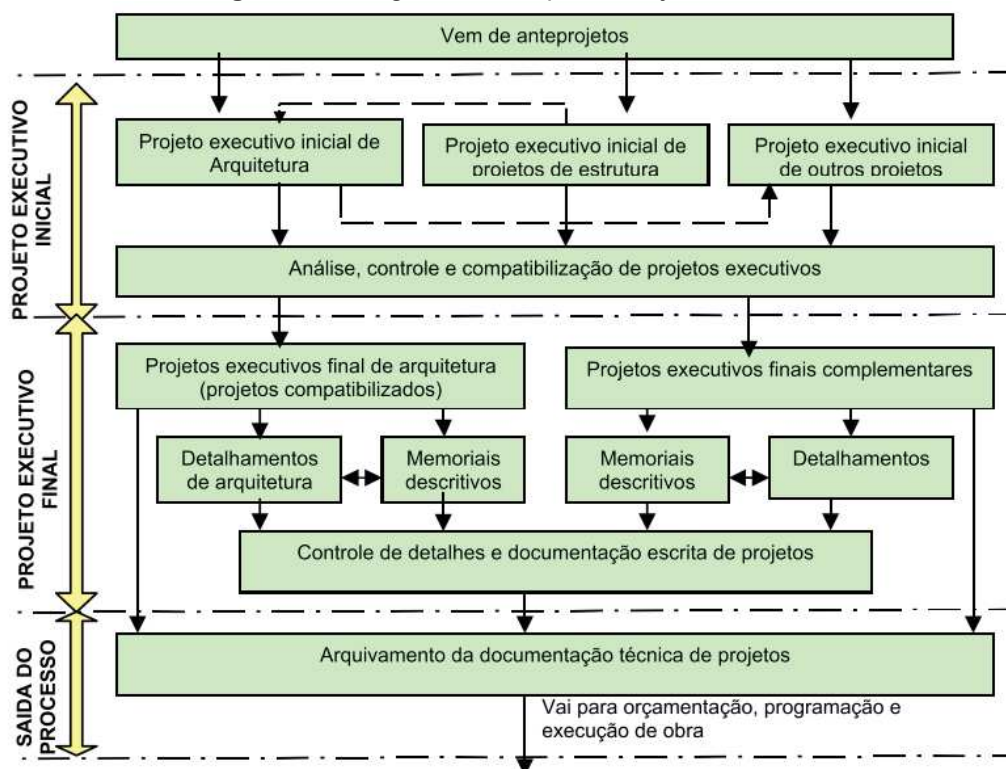


Fonte: Arrotéia, Amaral e Melhado (2014)

Na fase do Projeto Executivo são descritos os detalhes de todos os projetos de execução, compatibilização dos mesmos e análise de construtibilidade. Dotado de desenhos e especificações de projeto todo o Projeto Executivo é peça fundamental para as atividades de orçamento da obra, programação dos serviços que vão ser executados, execução e controle destes, operação e manutenção, além de levantamento de indicadores do projeto e da execução da obra (RODRÍGUEZ, 2005)

Segundo Rodriguez (2005), a fase de projetos executivos é dotada de várias partes que podem ser melhor assimiladas na Figura 2. O projeto executivo inicial deve conter o detalhamento de cada especialidade, incluindo memoriais descritivos do projeto, materiais e componentes, plantas e detalhamentos bem específicos assim como as relações do projeto com os demais sistemas projetados. Os projetos compatibilizados ou executivos de arquitetura vão ser utilizados na execução e os demais são destinados para facilitar a execução, operação e manutenção da obra.

Figura 2: Fluxograma da etapa de Projeto Executivo



Fonte: Rodriguez (2005)

Para que todo projeto executivo tenha um bom conteúdo e que as informações importantes sejam consolidadas é imprescindível que hajam várias reuniões da coordenação da obra, para avaliar e aprovar a revisão final de cada projeto, além de repassar todas as informações de forma clara para a equipe de produção. O Projeto executivo é interligado a todos os demais núcleos da obra e em sua totalidade, interfere na redução de desperdício por isso é importante que este seja muito claro e objetivo (BARRETO, 2010).

2.2.4. Projeto do Sistema de Produção (SP)

Segundo Barreto (2010), cada vez é mais comum no mercado de empreendimentos imobiliários que as empresas busquem gerenciar de forma mais eficiente seus canteiros de obras. Na busca pela redução de perdas, os gestores levam em conta alguns indicadores que medem indiretamente características dos sistemas construtivos, sendo eles:

- a) A eficiência do desenho do processo que quanto menor o número de etapas e serviços vai possuir uma melhor eficiência para entrega de um produto.
- b) A medida da flexibilidade da produção, demonstrando a capacidade de se fazer alterações na sequência dos serviços sem que hajam perdas ou prejuízos.
- c) Grau de independência de processos (GIP) do sistema construtivo, por análise do diagrama de processos, contando-os e a relação entre eles;
- d) 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;
- e) Indicativo de variedade de materiais no sistema construtivo, comparando o nível de complexidade do gerenciamento com os 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) é de suma importância que seja feito um completo estudo do projeto de produção da obra, o que interfere na administração da produção melhorando a eficiência. As empresas que fazem este estudo melhoram suas habilidades de planejar, organizar, implantar, coordenar e controlar suas atividades, tanto administrativas como operacionais. Todo esse processo de melhoria é diretamente ligado a técnicas da engenharia de produção que vem sendo implantadas constituindo cada vez mais um sistema de produção nas obras.

O SP deve ser a primeira atividade a ser desenvolvida em todo empreendimento produtivo, se estendendo a toda organização de modo que a produção conheça desde o projeto até a sua entrega final. O SP deve ter a produção com um conjunto de fluxos de materiais e informações, fazendo ligação com a geração de valor do produto que é produzido. Desta forma, todo o SP é voltado para três metas; o trabalho, a maximização do valor do produto e a minimização dos desperdícios. Isso se aplica a qualquer processo produtivo e é de suma importância para criar condição de melhoria contínua do sistema de produção no geral (BARRETO, 2010).

2.2.5. Planejamento de Produção (Longo, Médio e Curto Prazo)

De forma mais ampla podemos tratar o planejamento como um todo, mas sabemos que há divisões entre os mais diversos níveis de planejamento. Para Barreto (2010), esta divisão é especificamente em prazos através dos quais são projetadas as ações que são implementadas. É o foi levado em conta para determinar nesse trabalho de planejamento a curto, médio e longo prazo.

Santos e Moccellin (1999), colocam o planejamento como uma ferramenta de apoio a decisão para se obter soluções mais eficientes na produção. Todo planejamento tem como meta tratar as informações e diretrizes que definem as estratégias da produção, o que implica diretamente na qualidade, na produtividade, e na racionalização dos processos construtivos. Todo processo gerencial do planejamento envolve os objetivos que foram estabelecidos, e os procedimentos necessários para alcançá-los, o que permite entender que o planejamento é eficaz quando associado ao controle de produção

É muito comum se relacionar o planejamento com o Projeto do Sistema de Produção (SP). Todo planejamento inicialmente é formado por decisões tomadas no PSP que facilitam a sua definição e diminui as restrições. Portanto toda decisão que foi tomada no SP é gerenciada no Planejamento (SANTOS; MOCCELLIN, 1999)

A orientação do planejamento para alguns é fundamentada na redução de incertezas com a hierarquização dos planos de longo, médio e curto prazo. Essa hierarquização acaba por ser um dos mecanismos básicos em que tratando de empreendimentos imobiliários repletos de incertezas (CODINHOTO et al., 2003).

A divisão do planejamento tem como finalidade mostrar a transparência no processo, reduzir incertezas, servir de consulta e introdução para melhorias e de maneira geral, facilitar o gerenciamento do processo. A adoção de ordens de serviço acaba valorizando o plano semanal de produção. Essas atividades mais baixas na hierarquia conseguem definir para o planejamento as operações que estão programadas (BARRETO, 2010).

Condinhoto et al. (2003) ressaltam que as restrições funcionam como barreiras na programação impedindo a execução de trabalhos subsequentes, identificam atividades, e rastreiam os impedimentos delas serem executadas e possibilitam criar prazos com intuito de não se ter perdas nem desperdício no processo, sem haver uma quebra do fluxo.

2.2.6. Controle da Produção (CP)

Avaliando todo o processo produtivo e suas respectivas áreas, verifica-se a importância do controle, a fim de que as ações que são impostas ao processo construtivo de um empreendimento reduzam o desperdício dele.

Todo controle da produção é intrinsicamente interligado ao planejamento de uma obra, muitas vezes é tratado com o planejamento e o controle da produção (PCP) que formam todo o sistema de administração da produção de qualquer empreendimento (BARRETO, 2010).

Para Bernardes e Formoso (2002) a avaliação do sistema de planejamento e o controle de produção de um empreendimento pode muitas vezes indicar a eficácia do mesmo. Estes mesmos autores citam várias práticas que podem facilitar a avaliação do planejamento e do controle de 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.

Uma das causas da ocorrência de perdas na construção civil, segundo Bernardes e Formoso (2002), está ligada a falta de planejamento. Para eles, a maneira de se reduzir essas perdas é implementar inovações gerenciais, como por exemplo, a construção enxuta. Todas as ações que os autores citam é voltada a redução de atividades que não agregam valor ao sistema produtivo e, desta forma geram desperdício.

Discutidos os principais processos produtivos que interferem na tomada de decisão gerencial, a seguir será apresentado o método de análise de eficiência utilizado neste trabalho.

2.3. ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)

A análise envoltória de dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA) é uma ferramenta da Pesquisa Operacional, que avalia e mede a eficiência de unidades produtivas. É comum o conceito de eficiência ser intuitivo (MELLO et al., 2005)

A DEA é utilizada em diversas pesquisas, nas mais abrangentes áreas e atividades, conforme verificam Lin & Okudan (2009).

A DEA indica eficiência relativa de unidades de tomadas de decisões, que são conhecidas como DMUs, essas unidades desenvolvem atividades similares com as mesmas características. Podem ser um conjunto de escolas, hospitais, agências bancárias, portos e rede de lojas.

Conforme citado anteriormente, a Análise Envoltória de Dados é baseada na eficiência. Desta forma, é importante trazer para essa discussão a definição de eficácia, produtividade e a própria eficiência em questão.

2.3.1. Eficácia

Para medir a eficácia se considera o que é produzido, levando em conta os recursos que são demandados para a produção. Nem sempre uma atividade que é eficaz teve um comportamento eficiente, em outras palavras, a eficácia está muito relacionada com os resultados obtidos, sem levar em consideração o que ou o quanto foi necessário para se obter aquele resultado. De forma mais simples, uma empresa vai ser eficaz caso atinja suas metas, as quais, muitas vezes, podem ser diferentes para cada grupo de pessoas, gerando assim um questionamento, pois nem sempre o que foi eficaz para um também o foi para outra pessoa (MELLO et al., 2005).

2.3.2. Produtividade

Diferente da eficácia, em que se tem a preocupação voltada para o que foi produzido, a produtividade considera a razão entre o que foi produzido e o que foi gasto para se ter determinada produção. Deve ser destacado que, devido a divisão de duas unidades diferentes, sempre se terá resultados distintos para cada caso de levantamento de produtividade (MELLO et al., 2005).

Um exemplo seria a medida de quantidades de passageiros em um avião, o que nas companhias aéreas é chamado de *load fator*, referente à divisão de quantidades de lugares que o avião dispõe pela quantidade de passagens vendidas. Quando existem várias empresas que oferecem o mesmo produto, porém com produtividades diferentes, pode ser avaliado o porquê uma empresa é mais produtiva que a outra, ou seja, quais decisões irão proporcionar melhores resultados. É muito importante ligar a produtividade às decisões que a empresa tomar, as quais podem ser das mais variadas possíveis, como um serviço de melhor qualidade, melhor atendimento, entre outros. Desta forma, podem ser consideradas as empresas como unidades tomadoras de decisões ou DMUs (MELLO et al., 2005).

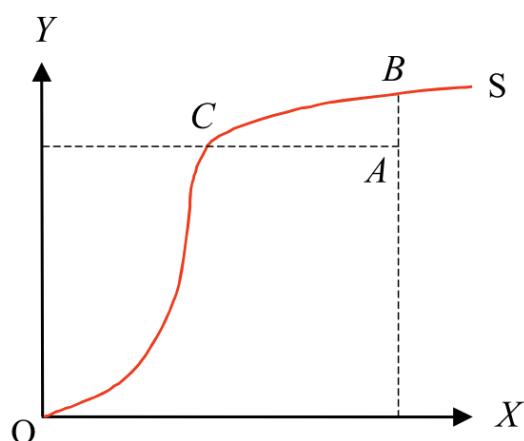
No conceito de eficácia fica implícito que a eficiência está ligada à comparação entre DMUs. Dessa forma, pode ser suposto que uma unidade eficiente é aquela que tem maior produtividade, o que seria uma definição simples do que é eficiência. Em algumas situações isso acontece, porém deve ser deixado muito claro que eficiência e produtividade são coisas diferentes, inclusive em relação aos conceitos.

2.3.3. Eficiência

Como um conceito relativo, a eficiência será comparada a partir do que foi produzido, de acordo com os recursos disponíveis e o que poderia ter sido produzido com estes mesmos recursos. Através de métodos paramétricos é possível determinar a relação pré-definida do que poderia ter sido produzido com os recursos em questão. Geralmente essa estimativa é dada por médias (MELLO et al., 2005).

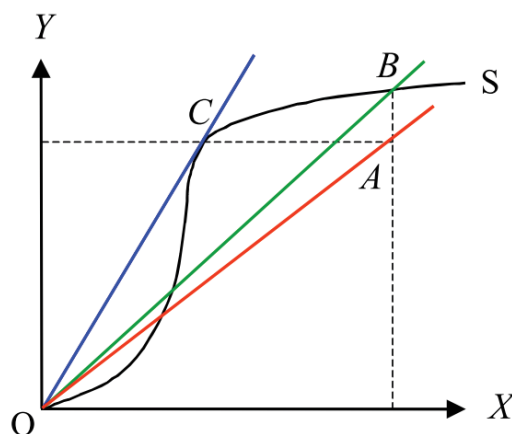
A Análise Envoltória de Dados, entre outros métodos, não se baseia em métodos paramétricos, mas permite comparar unidades produtivas baseadas naquela de todas as outras unidades com a unidade maior produção.

Na Figura 3 é possível observar a relação de produtividade versus eficiência, em que o eixo X representa os recursos que estão disponíveis e o eixo Y representa a produção em questão, a curva S é chamada de Fronteira de Eficiência e indica o quanto foi produzido de forma máxima, com relação aos recursos disponíveis. Assim, a região abaixo da curva é o que se denomina de Conjunto Viável de Produção (MELLO et al., 2005).

Figura 3: Produtividade x Eficiência

Fonte: Mello, 2005.

Na Figura 4 pode ser verificada a diferença entre o conceito de eficiência e produtividade. Analisando os coeficientes angulares das retas OC e OB nota-se que as duas são eficientes, entretanto a unidade C figura como a mais produtiva, ou seja, a unidade que possui o maior coeficiente angular em sua reta é a mais produtiva do conjunto de unidades. Também pode ser notada a ineficiência da unidade A com relação às demais (MELLO et al., 2005).

Figura 4: Curva de um processo de produção

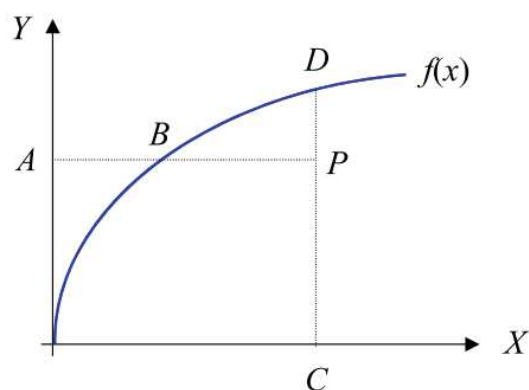
Fonte: Mello, 2005.

Segundo Mello (2005), para uma unidade se tornar eficiente ela precisa reduzir os seus recursos, ou inputs não alterando a quantidade produzida, ou aumentar a quantidade de produtos ou *outputs* com os recursos que lhe são disponíveis. Desta forma, pode-se relacionar a eficiência de uma unidade com relação aos seus desperdícios, ou seja, se uma empresa tem um alto valor de desperdícios, significa que está usando mal seus recursos, e produzindo menos. Nesse ponto é que entra a

relação das estratégias gerenciais que impactam na eficiência da produção em questão (BARRETO, 2010).

Segundo Barreto (2010) apud Sander (2005), o valor supremo da eficiência é a produtividade. Uma empresa terá uma alta eficiência sempre que ter a sua produção máxima, minimizando seus desperdícios, o que gera uma relação positiva entre produto e insumo.

Figura 5: Alcance da fronteira de eficiência



Fonte: Mello, 2005.

Teoricamente, a Figura 6 ilustra o comportamento de uma unidade P que está abaixo da fronteira de eficiência é dada por $f(x)$. Para esta unidade elevar sua eficiência, pode diminuir seus recursos caminhando até o ponto B ou aumentar os seus produtos caminhando até o ponto D .

2.3.4. A construção ou composição da DEA

O DEA foi desenvolvido por Charnes et al (1978) com intuito de avaliar de forma relativa as unidades tomadoras de decisão (DMU), tendo uma medida fornecida afim de avaliar a sua eficiência. A ferramenta permite encontrar DMUs que estão desempenhando funções similares, usando um conjunto de insumos (entradas, *inputs*) para se ter um produto (saídas, *outputs*). As entradas e saídas podem ser formadas de fatores quantitativos, assim como qualitativos.

Geralmente quando se trata de gestão, a programação matemática entra como uma ferramenta que vai trazer dados para fundamentar as decisões. No caso da DEA, seu emprego neste trabalho é para a avaliação da eficiência das ações de gestão. Ela

permite avaliar as decisões que foram realizadas no passado, com foco em auxiliar nas decisões futuras (BANKER, 1984).

Segundo Barreto (2010) apud Zhu (2003) a DEA é uma das técnicas mais adequadas quando se vai avaliar eficiência, comparando-se com ferramentas convencionais. O método oferece resultados mais detalhados, dando embasamento para ações gerenciais, podendo destacar, segundo o autor, a combinação de diferentes *inputs* e *outputs*, mas que são igualmente eficientes, assim como a localização de uma fronteira eficiente, com base nas unidades estudadas.

Existem situações distintas quanto a utilização do DEA. Segundo Didonet et al. (2006) na primeira, nenhuma outra DMU consegue atingir o nível de saídas (*outputs*) com a mesma quantidade de entradas (*inputs*), ou seja, a orientação é para as saídas. Na segunda situação, nenhuma DMU consegue reduzir a quantidade de insumos, ou seja, entradas para produzir a mesma quantidade de saídas, neste caso a orientação é para as entradas, ou *inputs*. Esse tipo de orientação deve ser escolhido de acordo com as condições operacionais do setor que está sendo analisado, sendo sempre justificado pelo investigador com suas vantagens e desvantagens quanto à devida orientação.

É muito importante o contexto da DEA, pois ela pode justificar ações gerenciais, de acordo com seus resultados, as decisões passam a ficar orientadas por um único indicador, que é construído baseado em um grupo. Isso também é altamente utilizado quando se analisa um conjunto de empresas, o que acaba criando uma medição da magnitude da ineficiência, descobrindo formas de alavancar o processo de tomadas de decisões, se comparando-as com as demais unidades, processo conhecido como *benchmarking* (BARRETO, 2010).

É importante citar que se deve atentar muito para quais variáveis serão consideradas entradas e, respectivamente, que vão ser consideradas saídas. Muitas vezes, algo que é produzido é também o que deve ser minimizado. Neste caso, apesar de ser um produto, deve ser tratado como uma saída, é o caso de poluição, acidentes, desperdícios, entre outros. Sempre se deve selecionar as variáveis pensando na eficiência, de modo que os resultados obtidos com a ferramenta orientem o processo decisório com informações significativas (BARRETO, 2010).

2.3.5. Modelos DEA

Conforme Mello et al (2005), os modelos DEA são multidimensionais, o que implica em uma grande quantidade de formas de se determinar as fronteiras de eficiência para os modelos, entretanto existem dois modelos que são clássicos e que será aqui abordado.

a) CCR

O primeiro modelo DEA 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*). O modelo constrói uma superfície linear por partes, não paramétricas, envolvendo todos os dados, o que permite avaliar a eficiência total das unidades, identificando as eficientes e as ineficientes, e determinando qual a distância de cada uma da fronteira de eficiência, onde estão as unidades ineficientes. Os retornos de escala deste modelo são constantes, existindo uma proporcionalidade entre as variações de *input* e *output* (PINELA, 2018)

O modelo CCR se caracteriza pela determinação da eficiência por meio da otimização da razão entre as somas ponderadas de *input* e *output*. O modelo pode maximizar seus *outputs* (2) assim como minimizar seus *inputs*, (3) onde: E_0 é a variável que representa a eficiência da DMU_0 ; v_i e u_j são os pesos de *inputs* i , $i = 1, \dots, r$, e *outputs* j , $j = 1, \dots, s$, respectivamente; x_{ik} e y_{jk} são *inputs* i e *outputs* j da DMU_k , $k = 1, \dots, n$; x_{i0} e y_{j0} são os *inputs* i e *outputs* j da DMU_0 .

$$\text{Max } E_0 = \frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{j0}}{\sum_{i=1}^r v_i x_{i0}} \quad (2)$$

$$\text{Min } E_0 = \frac{\sum_{i=1}^r v_i x_{ik}}{\sum_{j=1}^s u_j y_{j0}} \quad (3)$$

Segundo Mello et al. (2005), o modelo demonstrado na equação 2 irá determinar os coeficientes (peso) dos produtos e dos recursos, que serão considerados um problema de programação fracionária para cada DMU. Desta forma

é importante que estes sejam equacionados para um problema de Programação linear, isso é feito igualando o denominador da função objetivo a uma unidade. Desta forma pode-se ver na equação 4 o conceito de dualidade generalizando os conceitos multidimensionais.

$$\text{Max } E_0 = \sum_{j=1}^s u_j y_{j0} \quad (4)$$

O modelo que é definido em (4) deve minimizar o consumo de insumos dado nível de produção e expressado pela maximização do somatório das quantidades produzidas multiplicadas pelos pesos. É a partir deste modelo que se desenvolveu o modelo dual, que é conhecido também como envelope (PINELA, 2018).

De acordo com Mello *et al.* (2005) as DMUs serão consideradas fortemente eficientes quando estiverem limitadas pela fronteira do Pareto eficiente, ou seja 100% eficiente e sem folgas. Existem também unidades que não estão nesta região, estando na parte da fronteira não Pareto eficiente, ou seja, são 100% eficientes, porém possuem folgas tornando-as fracamente eficientes. Uma das vantagens de se utilizar um modelo CCR é que se pode oportunizar a identificação de folgas nas DMUs, seria o caso de uma unidade 100% eficiente que permanece na região viável de produção, mesmo depois de a mesma reduzir os *inputs* e aumentar os *outputs*, o que pode representar que a unidade está superdimensionada.

b) BCC

O segundo modelo foi proposto por Banker, Charnes e Cooper (1984) e é conhecido por BCC (iniciais do seus autores), também conhecido como VRS (*Variable Returns to Scale*). Este modelo é dado pela utilização de uma formulação que permite a projeção das unidades (DMUs) ineficientes sobre a superfície de fronteira, que nesse caso é dada por uma envoltória, determinada pelas DMUs eficientes de tamanho compatível, e considera retornos variáveis de escala. O modelo não assume proporcionalidade entre os *inputs* e *outputs*. Desta forma, quanto maior a variação de *inputs* no problema, se obterá uma variação decrescente de *outputs*, o que vai formar a curva que é chamada de envoltória (PINELA, 2018).

Segundo Mello *et al.* (2005) devido ao modelo BCC apresentar uma estrutura convexa é considerado que DMUs com *inputs* com baixos valores tenham retorno crescente de escala, assim como os que operam em altos valores tenham retornos decrescentes de escala. A convexidade da fronteira equivale a uma restrição adicional, segundo o modelo de envelope. A equação (5) representa o modelo BCC orientado para *output*.

$$\begin{aligned}
 & \text{Max } h_0 & (5) \\
 \text{Sujeito a} & \\
 & x_{i0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall i \\
 & -h_0 y_{j0} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall j \\
 & \sum_{k=1}^n \lambda_k = 1 \\
 & \lambda_k \geq 0, \forall k
 \end{aligned}$$

Assim como a lógica da orientação a *input* considera a minimização do h_0 , conforme equação (6).

$$\begin{aligned}
 & \text{Min } h_0 & (6) \\
 \text{Sujeito a} & \\
 & h_0 x_{i0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall i \\
 & -y_{j0} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall j \\
 & \sum_{k=1}^n \lambda_k = 1 \\
 & \lambda_k \geq 0, \forall k
 \end{aligned}$$

Segundo Mello *et al.* (2005) as duais dos problemas de programação linear constantes em (5) e (6) deverão gerar o modelo BCC dos multiplicadores, cujas as variáveis serão u^* e v^* , associadas a condição

$\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$ e interpretados como fatores de escala. Pode-se verificar as variáveis na equação (7) e (8).

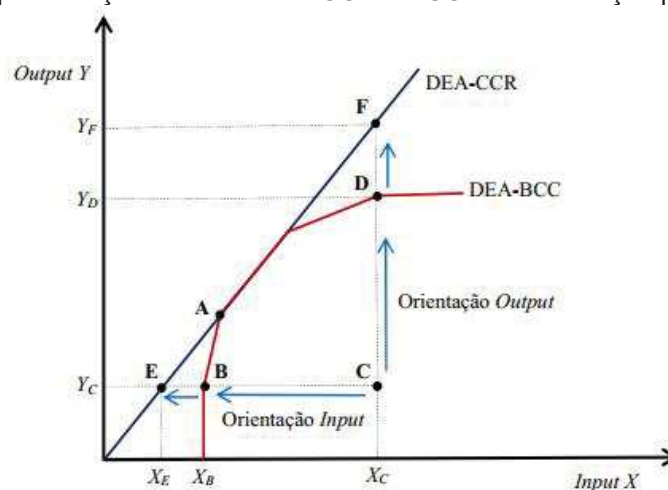
$$\text{Max } E_0 = \sum_{j=1}^s u_j y_{j0} + u^* \quad (7)$$

$$\text{Min } E_0 = \sum_{i=1}^r v_i x_{i0} + v^* \quad (8)$$

Segundo Meza *et al.* (2005) no modelo BCC, a DMU que aproveitar melhor seus *inputs* na escala em que opera é a mais eficiente. Enquanto no modelo CCR é a que apresenta melhor quociente de *outputs* com relação aos *inputs*, não se levando em consideração a escala que ela opera.

Em uma comparação simples com o modelo CCR, no BCC, uma unidade pode obter melhores resultados de eficiência, isso se dá pela fronteira do modelo ser mais benevolente (MELLO *et al.*, 2005). Em termos comparativos, pode-se considerar que a eficiência BCC é uma eficiência técnica com relação a eficiência CCR. Isso pode ser visto de maneira mais clara na Figura 6.

Figura 6: Representação das fronteiras CCR e BCC com orientação para *output* e *input*



Fonte: Pinela, 2018.

A Figura 7 demonstra como uma unidade pode, através de ações gerenciais, que interferem na sua produtividade, buscar a fronteira de eficiência. Isso se dá tanto para o modelo CCR quanto para o BCC. Desta forma, é possível mencionar que a DEA se apresenta como fonte de *benchmarks* para as DMUs consideradas

ineficientes (BARRETO, 2010). Os *benchmarks* são fornecidos pelo DEA através da projeção das unidades.

2.3.6. Principais características do modelo DEA

Segundo Mello et al. (2005) existem características que auxiliam no desenvolvimento e implementação da DEA, consistindo em uma metodologia formal para o desenvolvimento da pesquisa de maneira intuitiva.

Antes de realizar o DEA, é importante ressaltar os seus objetivos, enquanto ferramenta do objeto de estudo. Primeiramente, deve ser entendido que o objetivo da análise está voltado para a comparação de um certo número de unidades que realizam tarefas similares e se diferenciam na quantidade dos mesmos recursos disponíveis, assim como suas saídas produzidas.

Todo conjunto de unidades tomadoras de decisões que DMUs foi adotado deve ter a mesma utilização de entradas e saídas, variando somente no grau de intensidade delas. Deve ser de forma homogênea, realizando as mesmas tarefas, com os mesmos objetivos, as mesmas condições de mercado e autonomia para tomadas de decisões, conforme suas necessidades (MELLO et al., 2005).

De acordo com Lins, Meza e Antunes (2000), existe uma série de procedimentos para a aplicação do DEA, dividida em três fases, descritas a seguir

2.3.6.1. Primeira Fase

Visa determinar qual vai ser o conjunto de unidades homogêneas a serem avaliadas, ou seja, definir quais serão as DMUs que serão analisadas, Cabe destacar que estas unidades selecionadas devem ser no mínimo o dobro de variáveis utilizadas no modelo, com isso se terá uma melhor capacidade do modelo de discriminar unidades eficientes e não eficientes (LINS; MEZA; ANTUNES, 2000).

2.3.6.2. Segunda Fase

Nesta etapa o foco fica em selecionar as variáveis de entrada e saída (*input* e *output*), considerando sempre uma grande listagem de variáveis que se pode aplicar o modelo, tais variáveis podem ser controláveis ou não, assim como qualitativas ou

quantitativas. Alguns autores destacam que utilizar muitas variáveis reduz a capacidade da DEA de separar unidades eficientes ou não, desta forma, o modelo deve sempre ser compacto a fim de maximizar o poder discriminatório do DEA (LINS; MEZA; ANTUNES, 2000).

2.3.6.3. Terceira Fase

A última etapa é dada pela aplicação dos modelos DEA. Esta fase pressupõe a escolha do modelo, muito relacionada à forma com que os resultados serão analisados e suas orientações, assim como os termos de retornos de escala podendo ser constantes ou variáveis.

Existem outros autores que também propõe métodos de aplicação da DEA alguns foram expostos mais recentemente, é o caso do sugerido por Lin e Okudan (2009). O método por eles apresentado possui poucas diferenças e por isso não será tratado aqui.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo visa demonstrar os procedimentos metodológicos usados para a realização do estudo, de modo que se alcance, através de meios científicos, os objetivos propostos para a pesquisa. O conjunto de procedimento aqui descritos serviram de instrumento para alcançar a finalidade da investigação científica das ações gerenciais no setor da construção civil. De maneira detalhada, foi-se colocado o conjunto de ações, assim como os instrumentos que foram utilizados para coleta e análise dos dados.

Este tópico foi dividido em três seções. A primeira descreve o processo de escolha das variáveis, a segunda específica como foi realizado o procedimento de coleta de dados e por fim, a terceira descreve a forma como foi aplicada a Análise Envoltória de Dados (DEA).

3.1. Escolha das Variáveis

Para a elaboração do modelo DEA é necessário definir um conjunto de variáveis que representem cada conjunto de tomadas de decisões no setor da construção civil. Esses conjuntos são relacionados à gestão, que implicam e originam ações gerenciais no setor.

Desta forma, o presente estudo se baseou nas ações gerenciais que foram estudadas no trabalho de Barreto (2010), sendo feita uma explanação da metodologia que foi utilizada pelo autor (Tabela 1) para a seleção das variáveis que foram reproduzidas no presente trabalho. Para tal, Barreto (2010) definiu áreas gerenciais que possuíam um foco em ações voltadas a diminuição de desperdício na construção de empreendimentos imobiliários, conforme mencionadas na revisão de literatura, sendo elas:

- a) Estratégia de Produção (EP)
- b) Projeto Arquitetônico (PA)
- c) Projeto Executivo (PE)
- d) Projeto do Sistema de Produção (SP)
- e) Planejamento de longo prazo (LP)
- f) Planejamento de médio prazo (MP)
- g) Planejamento de curto prazo (CPz)

h) Controle de produção (CP)

As ações gerenciais propostas por Barreto (2010) tendem a definir o desenvolvimento do empreendimento, porém, podem variar de um empreendimento para o outro. Cada área gerencial gerou um conjunto de ações a elas relacionadas.

Barreto (2010) considerou para a escolha das variáveis a validação dos professores doutores na área de gerenciamento e desperdício de resíduos na construção civil e resultou no que está descrito na Tabela 01.

Tabela 1 - Áreas Gerenciais e suas respectivas ações com maior pontuação em Barreto (2010)

Área Gerencial	Variável
Estratégia de produção	<ul style="list-style-type: none"> • Fazer Planejamento e Controle da Produção Estratégia • Definir sequências e trajetória entre os serviços de maior volume
Projeto Arquitetônico	<ul style="list-style-type: none"> • Manter relação profissional entre Arquiteto, cliente e consultor • Integrar projetos (Arquitetônico e complementares)
Projeto Executivo	<ul style="list-style-type: none"> • Detalhar elementos dos projetos para execução, fabricação ou montagem • Elaborar caderno de especificações detalhada de materiais e serviços previstos
Projeto do Sistema de Produção	<ul style="list-style-type: none"> • Padronizar os processos construtivos (repetitividade) • Identificar os processos críticos (gargalos)
Planejamento de longo prazo	<ul style="list-style-type: none"> • Definir os ritmos dos principais processos de produção • Elaborar estruturação do empreendimento com definições de metas e datas
Planejamento de médio prazo	<ul style="list-style-type: none"> • 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	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar decisões de forma participativa • Utilizar plano semanal com ordens de serviços
Controle da produção	<ul style="list-style-type: none"> • Sistematizar indicadores de desempenho controle • Padronizar os controles de produção com manuais

Fonte: Barreto (2010)

Neste trabalho, utilizou-se das variáveis propostas na Tabela 1 para elaborar o modelo DEA, que considerou obras de empreendimentos imobiliários de Toledo - PR, para medir a eficiência em relação às ações gerenciais e os desperdícios. No entanto, com base em Barreto (2010), as variáveis podem ser representadas pelas áreas

gerenciais, as quais serviram de base para a construção do formulário de coleta de dados.

3.2. Coleta de dados

A pesquisa foi aplicada em 5 obras do município de Toledo – PR de uma mesma construtora, optou-se por aplicar a pesquisa dentro de uma mesma empresa para identificar o nível de eficiência de suas obras, que teoricamente possuem o mesmo padrão de gestão. O intuito é analisar a existência de pontos de atenção para a gestão de cada obra, podendo com a conclusão do trabalho apresentar dados que possam embasar tomadas de decisões futuras.

A empresa em questão trabalha no mercado há 20 anos e possui um portfólio de obras bastante extenso, e atuando nos mais diversos ramos da construção civil. Atualmente a empresa foca em edifícios residenciais de padrões médio e alto, construído na cidade de Toledo.

O instrumento de pesquisa utilizado foi a aplicação de questionário, cujas perguntas foram extraídas de Barreto (2010). O questionário é dividido em três partes denominadas A, B e C descritas a seguir:

- a) Parte A: contém informações preliminares da pesquisa, incluindo a experiência que a empresa tem no mercado da construção civil e dados mais específicos da obra analisada, com relação a área construída, prazo de entrega e o número de pavimentos.
- b) Parte B: é constituída de dezesseis variáveis, duas de cada área gerencial conforme definido por Barreto (2010).
- c) Parte C: levantamento de informações a respeito da geração mensal de entulho da obra, no caso em contêineres de 4,5 m³. A partir deste dado é construído o valor que representa a área da construção que gera um metro cúbico de entulho. Essa variável foi descrita na revisão bibliográfica e é o inverso da medida que é mais utilizada no meio científico, dada pelo volume em m³ de entulho produzido por m².

O questionário (Anexo 1) foi elaborado a partir das oito áreas gerenciais definidas por Barreto (2010) e aplicado em dois engenheiros e cinco mestres de obras, responsáveis pela gestão de empreendimentos em processo construtivo, independentemente de ser no início ou término. O pesquisador visitou as obras e

apresentou o questionário aos respondentes, que puderam sanar dúvidas e apontar suas respostas.

Cabe destacar que os engenheiros eram responsáveis por todas as obras, e intercalavam intervenções e nas tomadas de decisões, o que implicou em respostas muito semelhantes a respeito das ações gerenciais de cada obra. O mesmo efeito se obteve com relação às respostas dos mestres de obras. Para contornar o problema, aplicou-se o cálculo da média dos valores apontados na pesquisa para gerar pontuação que compôs o cálculo das variáveis que entraram como *input* no modelo DEA, que se relacionam às ações gerenciais constantes na Tabela 1.

Para determinar a saída do modelo DEA, definiu-se como *output* a quantidade de contêineres de resíduos gerados nas obras, multiplicados pela área construída.

Assim, o modelo DEA ficou configurado por uma variável de saída ou *output*, oito variáveis de entrada ou *inputs* e cinco obras ou DMUs.

De acordo com Lins e Meza (2000) uma vez definidas as DMUs estas devem ser no mínimo o dobro da quantidade de variáveis utilizadas, o que permite melhorar a capacidade do modelo de discriminar as unidades eficientes das não eficientes. Esse problema ocorreu no modelo elaborado para este trabalho.

Para atender ao requisito de proporcionalidade, buscou-se reduzir o número de variáveis que entrariam no modelo, por meio do método estatístico de Análise dos Componentes Principais. Porém, o resultado acusou multicolinearidade entre as variáveis, ou seja, as pontuações das áreas gerenciais, dadas pelos respondentes da pesquisa eram muito parecidas. Assim, descartou-se essa estratégia e tomou-se a decisão de adotar as DMUs de Barreto (2010) e as pontuações a elas atribuídas, inserindo na lista de DMUs do modelo DEA, que totalizavam cinco DMUs, mais trinta e uma unidades.

Dessa forma, se estabeleceu comparação entre as DMUs de Toledo e as do trabalho de Barreto (2010). Isso permitiu que o modelo se configurasse em uma variável de output, oito variáveis de input e trinta e seis DMUs, cumprindo a restrição do método em relação à proporção de DMUs em relação ao número de variáveis, evitando o problema da falta de capacidade do modelo em discriminar unidades eficientes das ineficientes.

3.3. Aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA)

Para aplicação da DEA se aplicou os processos sugeridos por Lin e Okundan (2009). As etapas 1 e 2 do modelo, ou seja, coleta de dados e identificação das variáveis. A partir deste ponto, se determinou se determinou a seleção do modelo de DEA, em que se optou pela abordagem BCC, e se escolheu o *software* para processamento dos dados da pesquisa e obtenção dos resultados para análise sendo o SIAD, especificado mais adiante.

O modelo BCC escolhido para este trabalho é, com orientação para *output* e minimização *input*, ou seja, maior redução nos valores de desperdício a partir dos dados de entrada que são as áreas gerenciais, definidas para reduzir o desperdício.

Este modelo foi selecionado, conforme Banker, Charnes e Cooper (1984), devido uma variação de *input* não causar uma variação de *output* proporcional, ou seja, permite ganhos variáveis de escala, o que é aplicável para os desperdícios gerados nas obras.

3.4. Uso do programa SIAD na simulação do DEA

Para tratar os dados foi escolhido o *software* SIADv3 pois tem uma interface de utilização simples e por atender todas as necessidades vistas para a execução da pesquisa. Desta forma os procedimentos de execução dos dados segundo Mello et al. (2005) serão digitados no aplicativo bloco de notas em formato de planilha e importado para o *software*.

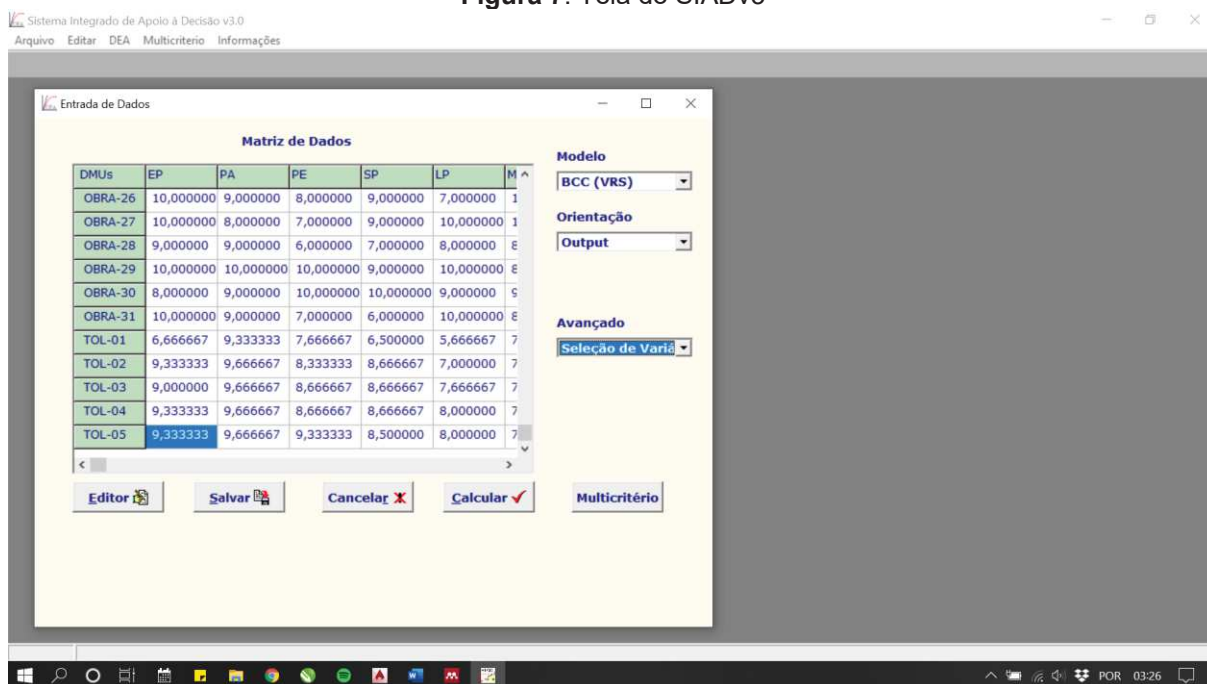
O SIAD foi desenvolvido a fim de suprir as necessidades clássicas da DEA, analisando eficiência, pesos, alvos, benchmarks e folgas. No entanto com o passar do tempo foram aparecendo necessidades mais avançadas ao programa que vem sofrendo alterações afim de resultados mais precisos (MEZA et al., 2005).

Desenvolvido em uma plataforma Delphi 7.0, o programa deve ser usado na plataforma Windows e permite trabalhar com 150 DMUs e 10 variáveis entre *input* e *output* quantidade que é considerada de grande porte para estudos de DEA. Na Figura 7 é possível ver a tela do programa (MELLO et al., 2005).

Existem duas formas de se incluir os dados no programa, diretamente no painel de controle do programa, utilizando uma grade de entrada vazia que pré-indica a quantidade de variáveis disponíveis para preenchimento, ou também através de um

arquivo.txt com os dados existentes, que são carregados na grade. As opções quanto ao modelo e para a orientação dos resultados são encontradas facilmente no tutorial do programa.

Figura 7: Tela do SIADv3



Fonte: Autoria própria (2019).

Na última versão disponível do os dados que foram executados pelo *software* tiveram como intuito obter os valores de eficiência, peso das variáveis de *input*, fator de correção de escala das variáveis, alvos e folgas para cada DMU, conforme apresentados a seguir.

4. RESULTADOS E ANÁLISE

Os resultados desta pesquisa foram dispostos em duas seções, a primeira delas traz os relatos dos procedimentos para obtenção da análise envoltória de dados assim como sua aplicação. E com base neste resultado o segundo tópico apresenta uma correlação entre os grupos de ações gerenciais que obtiveram maior eficiência durante o processo da análise voltado aos conceitos já relacionados anteriormente no ramo da engenharia civil.

4.1. Aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA)

A seguir, serão apresentados os processos para a aplicação do DEA

4.1.1. Amostra da pesquisa

O questionário utilizado nesta pesquisa foi aplicado em 5 obras da cidade de Toledo, todas as obras estavam sendo executadas pela mesma construtora, optou-se por efetuar a pesquisa em uma empresa com intuito de estar analisando dentre a suas obras se existiam pontos de atenção para gestão de cada obra, podendo com a conclusão do trabalho apresentar dados que possam justificar tomadas de decisões futuras com base no estudo realizado.

No Anexo 2 constam os resultados das coletas de dados separadas por obra para as partes A e C dos questionários e para a parte B estão considerados as ações gerenciais dos dois engenheiros e respectivamente os mestres de cada obra.

A obra denominada TOL-01 é um dos maiores empreendimentos já realizados pela empresa, constituída por 48 pavimentos de tipo A e B, divididos em unidades habitacionais e salas comerciais. Devido à dimensão do empreendimento o canteiro de obra é bastante completo, o que facilita na logística e tomadas de decisões do dia a dia.

A obra denominada TOL-02 é um empreendimento que possui 8 pavimentos também constituído de unidades habitacionais e salas comerciais, o edifício já se encontrava em fase de acabamento.

A obra denominada TOL-03 foi o empreendimento da empresa com menor área construída, com 5 pavimentos sendo constituído de 15 unidades habitacionais e mais uma sala comercial, a obra havia sido iniciada há pouco mais de 4 meses quando se realizou a pesquisa, estando no primeiro pavimento de construção.

A obra denominada TOL-04 é constituído de 9 pavimentos com 17 unidades habitacionais mais sala comercial, a obra estava em fase de acabamento e possuía uma particularidade de que os moradores definiam o acabamento de cada unidade habitacional.

A obra denominada TOL-05 tem 10 unidades habitacionais e é a obra com maior número de plantas de detalhamento, devido à fase de construção esta obra possui o menor número de funcionários em comparação as demais.

Com exceção da obra TOL-01, que possui uma área superior a 20000 m², as demais têm área média de 3000 m² que se encaixam no perfil de obras que a empresa realiza frequentemente.

4.1.2. 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 gerenciais com maior pontuação dentro de cada área gerencial, que foram retirados da parte B do questionário.

Dessa forma, tem-se um conjunto com 8 variáveis de entrada, cada uma representando uma área gerencial de tomada de decisão do empreendimento, conforme demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2: Variáveis de entrada

Área gerencial	Variável de entrada
EP - Estratégia De Produção	Definir sequências e trajetória entre os serviços de maior volume
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	Elaborar estruturação do empreendimento com definições de metas e datas

Área gerencial	Variável de entrada
MP - Planejamento De Médio Prazo	Estabelecer as quantidades de trabalho para execução, programação e sequência
CPz - Planejamento De Curto Prazo	Tomar decisões de forma participativa
CP - Controle Da Produção	Padronizar os controles de produção com manuais

Fonte: Autoria própria (2019).

Com as variáveis de entrada definidas de acordo com a maior pontuação, realizou-se a média das notas dos engenheiros multiplicada com as notas dos mestre de obra, resultando na Tabela 3.

Tabela 3 : Amostra Pesquisa

	EP	PA	PE	SP	LP	MP	CPz	CP
TOL-01	6,7	9,3	7,7	6,5	5,7	7,3	8,7	6,0
TOL-02	9,3	9,7	8,3	8,7	7,0	7,7	8,3	5,7
TOL-03	9,0	9,7	8,7	8,7	7,7	7,3	7,7	5,3
TOL-04	9,3	9,7	8,7	8,7	8,0	7,0	8,0	5,7
TOL-05	9,3	9,7	9,3	8,5	8,0	7,3	7,7	5,3

Fonte: Autoria própria (2019).

Legenda:

EP: Estratégia de 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 de produção.

Se fez necessário a aplicação de uma análise estatística a partir das variáveis do modelo, com o intuito de reduzi-las para 2 variáveis. Isso foi necessário, devido ao conjunto de 5 DMUs ser menor do que o número de variáveis, o que representa uma restrição ao método DEA.

O método estatístico de Análise dos Componentes Principais apresentou erro, por se tratar de variáveis com alta correlação, conforme já apresentado no capítulo dos métodos e procedimentos. Assim, descartou-se a estratégia de reduzir o número de variáveis e adotou-se o que sugerem Mello et al (2005) para aumentar o número de DMUs. Como as entrevistas foram realizadas em apenas 5 obras, decidiu-se incluir

como DMUs para comparar a eficiência, as analisadas por Barreto (2010), assim como as pontuações a elas atribuídas.

Desta forma, para este trabalho, foram incorporadas às 5 DMUs de Toledo, as 31 DMUs analisadas por Barreto (2010), localizadas em Fortaleza (CE), que possuem características similares, sendo obras de empreendimentos imobiliários em fase de construção que possuem dados semelhantes aos que foram aplicados nos questionários deste trabalho.

A partir dessa estratégia, o modelo DEA se configurou em 36 DMUs, 8 variáveis de entrada e 1 variável de saída, conforme será especificada a seguir.

b) Dados de saída ou *Outputs*

Para os dados de *output*, dados de saída, que são representados pela área construída em m², para cada m³ de resíduo (entulho) que vem a ser gerado na obra. Essa variável foi dada através de um indicador aplicado no trabalho, o qual é proveniente da área construída, do prazo de execução da obra e da quantidade média de contêdores (*containers*) de resíduo de 4,5 m³ que são gerados nas obras. Esse cálculo é expressado no anexo 3 e indica uma relação proporcional entre a variável e a redução de desperdício na obra, ou seja, quanto maior este valor menor é o desperdício, ou produção de resíduo. Foi definida tal variável como ACR (Área Construída por Resíduo gerado).

c) Valores dos *Inputs* e *Outputs*

Os valores de entrada (*input*) e saída (*output*) foram compilados para a formação da amostra e aplicação da análise, os dados de entrada foram provenientes da média como descrito acima e os de saída calculados também conforme foi descrito. É importante ressaltar que as DMUs que possuem maior valor de ACR são as que tem menor desperdício. Esses valores podem ser observados na tabela 4 demonstrada abaixo.

Tabela 4: Dados para aplicação de DEA no SIADv3

FONTE	ENTRADAS (<i>Inputs</i>)							OUTPUT	
<i>DMUs</i>	EP	PA	PE	SP	LP	MP	CPz	CP	ACR
TOL-01	6,7	9,3	7,7	6,5	5,7	7,3	8,7	6,0	12,975

FONTE	ENTRADAS (Inputs)								OUTPUT
TOL-02	9,3	9,7	8,3	8,7	7,0	7,7	8,3	5,7	4,731
TOL-03	9,0	9,7	8,7	8,7	7,7	7,3	7,7	5,3	10,370
TOL-04	9,3	9,7	8,7	8,7	8,0	7,0	8,0	5,7	4,510
TOL-05	9,3	9,7	9,3	8,5	8,0	7,3	7,7	5,3	7,393

Fonte: Autoria própria (2019).

Os dados da tabela 4 são referentes as obras que tiveram informações coletadas por meio dos formulários na cidade de Toledo. No Anexo 4 temos todos os dados compilados juntamente com a base coletada no trabalho de (BARRETO, 2010).

4.1.3. Análise dos resultados do Processamento dos dados no SIADv3

A primeira análise que é possível realizar após a aplicação do SIADv3, é a identificação das obras eficientes e ineficientes. Do grupo de obras analisadas, as DMUs que tiveram seus dados retirados do trabalho de Barreto (2010) não houve mudança na classificação de eficiência das mesmas, estas permaneceram com os mesmo resultados do trabalho feito pelo autor. Para as obras de Toledo foram obtidos os resultados que podem ser observados na tabela 5 nas DMUs identificadas como TOL-01, TOL-02, TOL-03, TOL-04 e TOL-05.

Os resultados que serão apresentados na tabela 5 levam em consideração exclusivamente os dados referentes ao município de Toledo. Para resultados que são pertinentes, as DMUs consideradas eficientes, os resultados são demonstrados e dissertados na sequência.

Tabela 5: Resultado da aplicação dos dados da pesquisa no SIADv3 - DEA

FONTE	RESULTADO DEA	
<i>DMU</i>	Eficiência	Situação
OBRA-1	100,00%	Eficiente
OBRA-2	100,00%	Eficiente
OBRA-3	67,25%	Ineficiente
OBRA-4	48,28%	Ineficiente
OBRA-5	100,00%	Eficiente
OBRA-6	100,00%	Eficiente
OBRA-7	32,19%	Ineficiente
OBRA-8	24,25%	Ineficiente
OBRA-9	100,00%	Eficiente
OBRA-10	100,00%	Eficiente
OBRA-11	33,24%	Ineficiente
OBRA-12	13,06%	Ineficiente
OBRA-13	100,00%	Eficiente

FONTE DMU	RESULTADO DEA	
	Eficiência	Situação
OBRA-14	14,22%	Ineficiente
OBRA-15	23,29%	Ineficiente
OBRA-16	100,00%	Eficiente
OBRA-17	9,19%	Ineficiente
OBRA-18	100,00%	Eficiente
OBRA-19	100,00%	Eficiente
OBRA-20	100,00%	Eficiente
OBRA-21	8,73%	Ineficiente
OBRA-22	100,00%	Eficiente
OBRA-23	10,31%	Ineficiente
OBRA-24	7,14%	Ineficiente
OBRA-25	11,55%	Ineficiente
OBRA-26	5,61%	Ineficiente
OBRA-27	4,58%	Ineficiente
OBRA-28	7,57%	Ineficiente
OBRA-29	4,52%	Ineficiente
OBRA-30	6,69%	Ineficiente
OBRA-31	7,41%	Ineficiente
TOL-01	100,00%	Eficiente
TOL-02	6,87%	Ineficiente
TOL-03	15,80%	Ineficiente
TOL-04	6,16%	Ineficiente
TOL-05	10,08%	Ineficiente

Fonte: Autoria própria (2019).

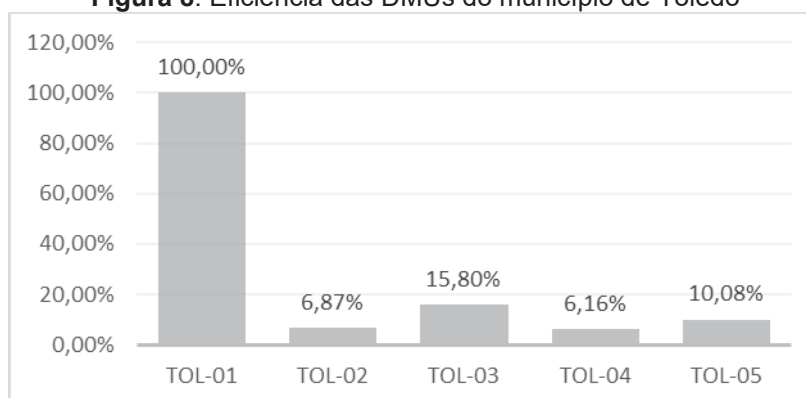
A seguir pode-se verificar a Tabela 6, a qual contempla separadamente somente as obras do município de Toledo, onde é possível visualizar uma obra caracterizada com eficiente, a TOL-01.

Tabela 6: Eficiência das DMUs do município de Toledo

FONTE DMU	RESULTADO DEA	
	Eficiência	Situação
TOL-01	100,00%	Eficiente
TOL-02	6,87%	Ineficiente
TOL-03	15,80%	Ineficiente
TOL-04	6,16%	Ineficiente
TOL-05	10,08%	Ineficiente

Fonte: Autoria própria (2019)

Os resultados da Tabela 6 são demonstrados na Figura 8, onde pode-se visualizar uma DMU eficiente localizada na fronteira e as demais formando um conjunto de DMUs ineficientes.

Figura 8: Eficiência das DMUs do município de Toledo

Fonte: Autoria própria (2019).

A partir da aplicação da análise tem-se um conjunto de elementos resultantes, a cada variável resultante a análise atribui um peso que corresponde a eficiência da DMU, esse peso se refere a cada área de tomada de decisões que interfere diretamente na redução de desperdício. Estes pesos são demonstrados na Tabela 7 a seguir:

Tabela 7: Pesos das variáveis na eficiência das DMUs (Obras)

DMU	Peso EP	Peso PA	Peso PE	Peso SP	Peso LP	Peso MP	Peso CPz	Peso CP
OBRA-1	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
OBRA-2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000
OBRA-3	0,000	0,536	0,650	0,283	0,000	0,000	0,000	0,000
OBRA-4	0,497	0,024	0,000	0,362	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	0,000	0,245	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,797
OBRA-7	0,891	0,042	0,000	0,649	0,000	0,000	0,000	0,000
OBRA-8	0,000	0,000	0,000	0,647	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	0,412	0,738	0,000	0,548	0,000	0,169	0,000	0,000
OBRA-11	0,000	0,000	0,000	2,461	0,000	0,000	0,000	0,000
OBRA-12	0,000	0,000	0,000	0,000	0,404	0,000	0,000	0,000
OBRA-13	0,638	1,620	2,325	0,000	0,284	0,000	0,000	0,021
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	2,236	0,000	0,000	0,000	0,000	0,283	0,000	1,054
OBRA-17	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,471	0,000	0,000
OBRA-18	0,000	1,580	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
OBRA-19	4,990	4,647	0,000	4,526	4,658	0,000	0,000	3,019
OBRA-20	0,000	3,157	5,461	0,000	0,000	0,364	0,000	0,000
OBRA-21	1,862	1,241	0,000	2,614	0,000	0,000	0,000	0,000
OBRA-22	0,000	0,927	0,000	0,000	22,917	0,000	0,000	32,856
OBRA-23	3,944	0,000	0,000	0,000	0,782	0,120	0,000	0,000
OBRA-24	3,957	0,216	0,000	0,000	0,996	0,000	0,000	0,000
OBRA-25	3,472	0,000	0,000	2,448	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	2,858	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
OBRA-28	3,789	0,180	0,000	2,759	0,000	0,000	0,000	0,000
OBRA-29	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,918	0,000	0,000

DMU	Peso EP	Peso PA	Peso PE	Peso SP	Peso LP	Peso MP	Peso CPz	Peso CP
OBRA-30	5,644	0,000	0,000	0,000	1,103	0,000	0,000	0,000
OBRA-31	0,000	0,000	0,000	11,047	0,000	0,000	0,000	0,000
TOL-01	4,052	0,000	4,704	7,209	0,000	0,000	0,000	0,000
TOL-02	3,949	0,000	0,000	0,000	0,958	0,000	0,000	0,000
TOL-03	1,801	0,000	0,000	0,000	0,437	0,000	0,000	0,000
TOL-04	4,280	0,000	0,000	0,000	0,849	0,130	0,000	0,000
TOL-05	2,527	0,000	0,000	0,000	0,613	0,000	0,000	0,000

Fonte: Autoria própria (2019).

A DEA além de identificar a eficiência das obras, indica o peso de cada uma das entradas para cada DMUs, esses diversos pesos podem ser atribuídos de forma arbitrária, diferindo de uma DMU para outra. A maximização da eficiência das DMUs vai ser obtida através da melhor combinação desses pesos.

Para uma melhor análise destes pesos a Tabela 07 apresenta o resultado do cálculo de proporcionalidade, a fim de comparação, os pesos foram calculados em porcentagem da sua soma em cada DMU. Esta soma foi equiparada trazendo os pesos com base na mesma proporcionalidade.

De maneira que fique mais clara podemos verificar na tabela 8:

Para DMU – TOL-01:

Tabela 8: Pesos DMU – TOL-01

DMU	EP	PA	PE	SP	LP	MP	CPz	CP
TOL-01	4,052	0,000	4,704	7,209	0,000	0,000	0,000	0,000

Fonte: Autoria própria (2019).

Soma dos pesos = 15,964

Proporcionalidade do peso de EP = $4,052 / 15,964 = 0,254$

Proporcionalidade do peso de PE = $4,704 / 15,964 = 0,295$

Proporcionalidade do peso de SP = $7,209 / 15,964 = 0,452$

Equiparando a soma dos pesos que é 15,964 a 1 o peso de EP seria igual a 25,4% o de PE igual a 29,5% e o de SP de 45,2%. Em outras palavras 45,2% da área gerencial Projeto do sistema de produção é responsável pela eficiência do empreendimento, assim como 29,5% da área gerencial Projeto Executivo e 25,4% da área gerencial Estratégia de Produção são responsáveis pela eficiência da obra com relação ao desperdício.

A obra TOL-01 é a única obra que se mostrou eficiente no município de Toledo, como pode-se ver grande parte desta eficiência é dada pelo peso do Projeto do Sistema de Produção, as ações gerenciais, Padronizar processos construtivos

(repetitividade) e Identificar os processos críticos (gargalos) fazem frente a esta área gerencial. Anteriormente citamos que esta obra possui 48 pavimentos, uma continua repetição dos processos construtivos que impactaram diretamente na eficiência que tange a redução de desperdício propriamente dito.

Neste trabalho o principal objeto de estudo são as DMUs do município de Toledo, desta forma optou-se por fazer a análise do peso não levando em consideração as demais DMUs que foram utilizadas como base de dados.

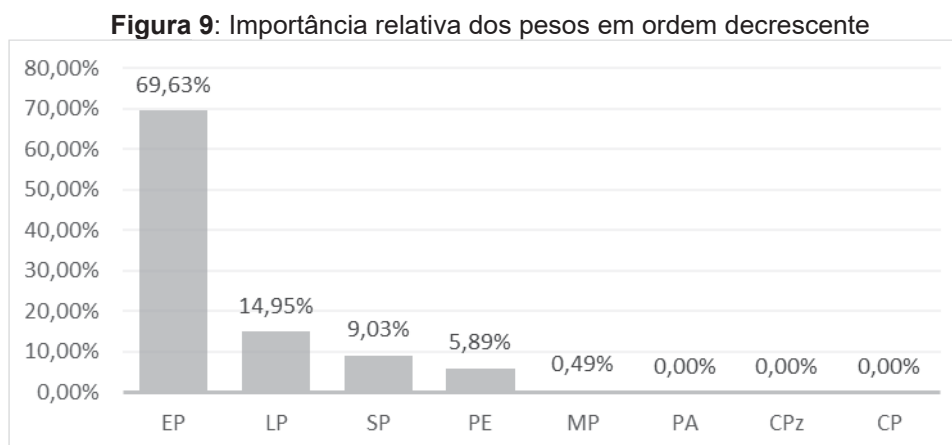
Quando analisamos as DMUs do município de Toledo com relação aos seus pesos proporcionais chega-se nos resultados que são demonstrados na tabela 9 ilustrada abaixo.

Tabela 9: Estudo dos pesos proporcionais das variáveis relativos às DMUs de Toledo

	EP	PA	PE	SP	LP	MP	CPz	CP
<i>Soma</i>	3,482	-	0,295	0,452	0,747	0,025	-	-
<i>Percentual do total da soma</i>	69,6%	0,0%	5,9%	9,0%	14,9%	0,5%	0,0%	0,0%

Fonte: Autoria própria (2019).

A Figura 9 apresenta as percentagens dos pesos das DMUs do município de Toledo em ordem decrescente.



Fonte: Autoria própria (2019).

Analisando os pesos das obras não se levando em conta as obras que foram consideradas eficientes, observamos que é atribuído um peso maior a área gerencial da Estratégia de produção, que tem como ações, Fazer planejamento e controle da produção e definir sequencias e trajetória entro os serviços de maior volume. A análise desses dados mostra que serviços e trabalhos que são planejados com uma

determinada antecipação e com uma sequência bem estabelecida podem vim a interferir e impactar na geração de resíduos.

Outro fator interessante de se observar é que existem áreas gerenciais sem valores atribuídos aos seus pesos, essas entradas tem um impacto bastante reduzido na eficiência, seria o Projeto Arquitetônico, o Planejamento a curto prazo e o controle da produção.

4.1.4. Análise individual das DMUs do município de Toledo

Toda DMU quando analisada a partir do método DEA apresenta nos seus resultados um alvo referente a cada *input* que foi condicionado a mesma, pode-se assim analisar os resultados de cada DMU e identificar quais seriam as lacunas dentro de seus *inputs* para que estas se tornem DMUs eficientes.

Essas lacunas na literatura são chamadas de folgas, que apontam os níveis que as variáveis devem atingir para que as DMUs sejam eficientes. De maneira mais específica podemos verificar individualmente as unidades abaixo:

a) TOL-01

Esta DMU é a única eficiente quando analisada perante as outras, não tendo nenhuma folga nas suas variáveis, e apresentando o maior valor de ACR, o que significa que sua geração de resíduo é baixa.

Devido a mesma não possuir nenhuma folga, o que lhe caracteriza como eficiente, não existe nenhuma lacuna nas suas entradas, como é possível ver na tabela 10.

Tabela 10: Folgas DMU TOL-01

	EP	PA	PE	SP	LP	MP	CPz	CP
<i>Atual</i>	6,67	9,33	7,67	6,50	5,67	7,33	8,67	6,00
<i>Alvo</i>	6,67	9,33	7,67	6,50	5,67	7,33	8,67	6,00
<i>Folga</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: Autoria própria (2019).

b) TOL-02

Com um eficiência de 6,87% essa DMU é classificada como ineficiente, existem folgas em quase todas as entradas, com exceção do EP e LP, o que mostra que a

DMU necessita de atenção em todas as outras áreas para que possa vim a se tornar uma DMU eficiente, com atenção para a entrada CPz que necessita de uma melhoria de 47,20%, como fica claramente evidenciado na tabela 11.

Tabela 11: Folgas DMU TOL-02

	EP	PA	PE	SP	LP	MP	CPz	CP
<i>Atual</i>	9,33	9,67	8,33	8,67	7,00	7,67	8,33	5,67
<i>Alvo</i>	9,33	8,69	5,91	7,65	7,00	6,11	4,40	4,77
<i>Folga</i>	0,00	0,97	2,43	1,02	0,00	1,56	3,93	0,89
<i>Meta</i>	0,00%	10,07%	29,12%	11,77%	0,00%	20,35%	47,20%	15,76%

Fonte: Autoria própria (2019).

c) TOL-03

Com uma eficiência de 15,80% está DMU também é caracterizada como ineficiente perante as demais, assim como a DMU anterior ela não tem folgas nas entradas de EP e LP necessitando de melhorias em todas as outras, como esta explicito na tabela 12.

Esta DMU possui um ACR bem próximo da DMU que foi considerada eficiente, o que mostra que a quantidade de resíduo gerado na obra não é grande, entretanto as decisões gerencias na mesma não refletem no indicador o que pode determinar que ela seja ineficiente.

Tabela 12: Folgas DMU TOL-03

	EP	PA	PE	SP	LP	MP	CPz	CP
<i>Atual</i>	9,00	9,67	8,67	8,67	7,67	7,33	7,67	5,33
<i>Alvo</i>	9,00	8,61	6,29	7,84	7,67	7,26	5,77	5,09
<i>Folga</i>	0,00	1,06	2,37	0,83	0,00	0,07	1,90	0,24
<i>Meta</i>	0,00%	10,97%	27,38%	9,58%	0,00%	1,00%	24,78%	4,50%

Fonte: Autoria própria (2019).

d) TOL-04

Esta DMU tem eficiência de 6,16% o que a caracteriza como ineficiente. Não existe folgas nas entradas de EP, LP e MP o que demonstra que nas demais entradas existe a necessidade de melhoria.

Não existe uma folga em específico que determina sua ineficiência o que demonstra que ela precisa melhorar em várias entradas como é possível ver na tabela 13.

Tabela 13: Folgas DMU TOL-04

	EP	PA	PE	SP	LP	MP	CPz	CP
<i>Atual</i>	9,33	9,67	8,67	8,67	8,00	7,00	8,00	5,67
<i>Alvo</i>	9,33	8,32	5,96	8,04	8,00	7,00	4,99	4,86
<i>Folga</i>	0,00	1,35	2,71	0,62	0,00	0,00	3,01	0,80
<i>Meta</i>	0,00%	13,95%	31,26%	7,20%	0,00%	0,00%	37,66%	14,18%

Fonte: Autoria própria (2019).

e) TOL-05

Com uma eficiência de 10,08% esta DMU é caracterizada como ineficiente, não existem folgas para as entradas de EP e LP as quais não precisam ser melhoradas diferentes das demais, como a tabela 14 nos mostra.

Tabela 14: Folgas DMU TOL-05

	EP	PA	PE	SP	LP	MP	CPz	CP
<i>Atual</i>	9,33	9,67	9,33	8,50	8,00	7,33	7,67	5,33
<i>Alvo</i>	9,33	8,49	6,11	8,05	8,00	7,31	5,40	4,97
<i>Folga</i>	0,00	1,17	3,23	0,45	0,00	0,03	2,27	0,36
<i>Meta</i>	0,00%	12,14%	34,57%	5,33%	0,00%	0,36%	29,57%	6,75%

Fonte: Autoria própria (2019).

4.2. Fatores de *Benchmark*

Para caracterizar as obras estudadas o programa SIAD forneceu os *benchmarks*, determinados pela projeção das DMUs ineficientes na fronteira de eficiência, de acordo com Soares de Melo et al. (2003) a solução irá identificar as unidades eficientes que são referência para as unidades ineficientes.

Segunda a matriz de *benchmark* destacamos a unidade TOL-01 que é referência para todas as outras unidades no seu valor de *output*. A geração de resíduos da obra é muito pequena de acordo com área construída, assim essa obra se mostra eficiente.

Apesar de se ressaltar a importância da unidade TOL-01 com relação a sua saída, que a torna benchmark para todas as outras, é importante identificar o quanto as demais obras que foram consideradas ineficientes tem de melhorar para alcançar uma devida eficiência. Como pode se verificar na Tabela 15, as unidades OBRA-1 e OBRA-2 foram impactadas pelas unidades ineficientes, auxiliando no seu processo de *benchmark*.

Tabela 15: Matriz de Benchmarks das obras situadas em Toledo

DMU	OBRA-1	OBRA-2	OBRA-5	OBRA-6	OBRA-9	OBRA-10	OBRA-13	OBRA-16	OBRA-18	OBRA-19	OBRA-20	OBRA-22	TOL-01
TOL-01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
TOL-02	0,37	0,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
TOL-03	0,49	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30
TOL-04	0,53	0,28	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14
TOL-05	0,57	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20

Fonte: Autoria própria (2019).

Assim podemos verificar que existe uma lacuna considerável destas obras que foram consideradas ineficientes para que alcancem a fronteira de eficiência e possam ser classificadas como eficientes.

4.3. Considerações sobre o capítulo

Neste capítulo é contemplado os resultados das análises que foram realizadas a partir da aplicação do DEA. O desenvolvimento do trabalho se dá a partir de variáveis que foram encontradas na literatura que podem ser consideradas ações gerenciais na construção civil e pode interferir na geração de resíduos dentro das obras. Esse conjunto de variáveis da pesquisa são formadas pelas áreas gerenciais levantadas e suas respectivas ações.

Cada obra que foi analisada se comporta como uma unidade tomadora de decisão. Foi estabelecido uma metodologia que se encaixa a forma que a empresa em questão trabalha, com intuito de comparar suas diferentes obras. Devido a uma limitação de método se fez necessário a realização da análise com um conjunto de dados que já haviam sido levantados previamente, encontrados na literatura, porem que auxiliaram a aplicação do método. Toda essa estrutura forma os elementos necessários para aplicação da Análise Envoltória de Dados ou DEA (*Data Envelopment Analysis*).

Com o conjunto de dados determinados formando uma amostra, a análise foi aplicada com intuito de levantar e indicar DMUs que fossem eficientes a partir dos dados de entrada e saída levantados.

Após a aplicação da análise, constatada a eficiência ou ineficiência das DMUS é possível verificar que uma DMU pode ser eficiente de acordo com as atribuições de pesos que foram lhe dados. Desta forma cada DMU é flexível variando de acordo com o conjunto de dados que está sendo estudado.

5. CONCLUSÕES

Toda avaliação realizada através da DEA, é de bastante relevância por permitir que se avalie e identifique as melhores áreas gerencias, estas são as áreas que quando se relaciona as ações com a redução na geração de resíduo podem nos apresentar resultados mais satisfatórios. Cada variável que é utilizada quando empregado o método pode ser mensurada de acordo com seus pesos, isso facilita nas tomadas de decisões gerencias da equipe, podendo-se investir ou não em uma ou demais áreas do empreendimento.

O método empregado na análise foi o DEA-BCC que se demonstrou mais apropriado devido a orientação dos resultados para uma fronteira de eficiência. O modelo teve orientação para *output* onde se buscava um maior índice de redução de desperdício.

O presente trabalho confirma o que está evidenciado em grande parte da literatura onde pesquisadores apontam que a maior redução de geração de resíduos é dada pela Estratégia de Produção (EP). Isso fica bem evidente nas análises individuais das obras do município de Toledo, pois em todas as DMUs essas ações gerenciais não apresentam folgas.

A Estratégia de Produção (EP) vai além do ambiente de produção, a empresa que consegue alinhar uma boa estratégia de produção se mostra a frente no mercado, se antecipa nas decisões que podem vir a colocar o empreendimento em risco.

Soluções que parecem simples geram um impacto muito grande nas obras e são fruto de uma estratégia de produção muito bem fundamenta e alinhada com a administração do empreendimento. A busca de sistemas construtivos mais modernos e com melhor resultados, a transferência de processos construtivos para o setor de matérias, a diminuição de gastos com recursos humanos e medição da produtividade no canteiro de obras são soluções que evidenciamos durante as entrevistas com os gestores que são aplicadas nas obras estudadas.

Em seguida voltou-se para o planejamento a longo prazo que também é tido pela literatura como fundamental para a redução na geração de resíduos nas obras, esse também não apresenta folgas nas DMUs o que confirma sua importância nas tomadas de decisões.

Nas obras do município de Toledo que são especificamente da mesma construtora fica logo em seguida o projeto executivo e o projeto do sistema de

produção, não menos importantes que os demais a frente, mas que acabam refletindo no resultado.

As demais áreas gerenciais apresentam resultados menores, ou seja, acabam não interferindo diretamente de acordo com o método.

Quando se analisou os dados da tabela 8, foi possível perceber que para as obras analisadas em questão a Estratégia de Produção corresponde a quase 70% das ações o que só ressalta a sua importância.

O nível de importância que é dado para as ações gerenciais acaba por sua vez determinando se a obra é eficiente ou não, quando analisou-se as entradas da obra TOL-01 foi possível observar que não necessariamente uma importância alta as ações gerenciais vai determinar que a obra seja eficiente, porém atrelado a redução de desperdício, podemos verificar um foco nas ações que tendem a ter pesos mais relevantes. Porém conforme foi visto em outros trabalhos isso não é um fator determinante para que uma obra seja eficiente, ela pode ser eficiente através de outros arranjos de importância as ações gerenciais.

É importante ressaltar que a aplicação de tal análise pode auxiliar os gerentes das obras a tomar decisões sobre quais áreas gerenciais se deve haver maior ou menor aplicação de esforços para que a obra se torne mais eficiente quanto a redução de desperdício. Não necessariamente uma obra que possua uma grande eficiência quanto a redução de desperdício é uma obra eficiente no geral, seria necessária uma análise mais aprofundada das mais diversas áreas de atuação da obra para sim uma determinação de sua real eficiência no processo como um todo.

O tema redução de resíduos de construção civil é altamente abordado nas mais diversas universidades e cursos de graduação de engenharia civil, principalmente quando falamos de meio ambiente, construção sustentável e tratamento de resíduos sólidos. A intenção do trabalho é mostrar que as ações de gerenciamento da obra interferem diretamente nesse processo, muitas vezes não se consegue mensurar o quanto a gestão interfere nesses processos tornando difícil a tomada de decisões que podem vir a não dar resultados satisfatórios.

A Análise Envoltória de Dados pode ser considerada uma ferramenta que auxilia e mensura o quanto essas ações gerenciais podem ser impactantes, isso tanto no meio acadêmico como no meio empresarial, atuando principalmente na melhoria dos resultados da gestão e no conhecimento científico. Que em ambas aplicações pode estar refletindo em ganhos financeiros.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017**, 2017.

BANKER, R. D. Estimating most productive scale size using data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, v. 17, n. 1, p. 35–44, 1 jul. 1984.

BARBOSA, M. F. Análise de estratégias de execução para edifícios verticais com diferentes sistemas construtivos. 9 set. 2005.

BARRETO, A. M. **APLICAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA) NA AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE AÇÕES GERENCIAIS PARA REDUÇÃO DE DESPERDÍCIO EM OBRAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL**. [s.l.] Universidade Federal do Ceará, 2010.

BARROS NETO, J. DE P. Proposta de modelo de formulação de estratégias de produção para pequenas empresas de construção habitacional. 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. **IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, p. 1319–1328, 2002.

CALIXTO, J. R. M. D. R. Análise da atual situação do Brasil quanto à geração e gestão dos resíduos sólidos com ênfase na construção civil. 11 abr. 2017.

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, nov. 1978.

CODINHOTO, R. et al. **Análise de restrições: definição e indicador de desempenho** Paper presented at III Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção São Carlos, SPIII SIBRAGEC, , 2003. Disponível em: <<https://researchportal.bath.ac.uk/en/publications/análise-de-restrições-definição-e-indicador-de-desempenho>>. Acesso em: 20 out. 2018

CONAMA. Resolução nº 307, de 5 de Julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **DOU nº 136**, v. 2015, p. 95–96, 2002.

DIDONET, S. R.; LARA, J. E.; JIMÉNEZ, D. P. Eficiencia Productiva y Estrategias en la Distribución Comercial: El Caso de los Supermercados Brasileños. **EnANPAD**, v. 30, 2006.

DRUCKER, P. F. **Introdução à administração**. [s.l.] Pioneira Thomson Learning, 2002.

FERREIRA, A. C. A. et al. Gestão de Resíduos Sólidos na Construção Civil. **Revista Pensar Engenharia**, v. 2, p. 1–14, 2014.

ISATTO, E. L. et al. LEAN CONSTRUCTION: DIRETRIZES E FERRAMENTAS PARA O CONTROLE DE PERDAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL. **SEBRAE/RS**, v. 5, p. 177, 2000.

LIMA, R. S.; LIMA, R. R. R. Guia para Elaboração de Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil. **Guia para Elaboração de Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil**, v. 1, p. 60, 2009.

LIN, C.; OKUDAN, G. E. An Exploration on the Use of Data Envelopment Analysis for Product Line Selection. **Iems**, v. 8, n. 1, p. 47–53, 2009.

LINS, M. P. E.; MEZA, L. A.; ANTUNES, C. H. **Análise envoltória de dados: e perspectivas de integração no ambiente do Apoio à Decisão**. [s.l.] COPPE/UFRJ, 2000.

MELLO, J. C. C. B. S. DE et al. CURSO DE ANÁLISE DE ENVOLTÓRIA DE DADOS. **XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, 2005.

MEZA, L. A. et al. ISYDS- Integrated System for Decision Support (SIAD - Sistema Integrado de Apoio a Decisão): a software package for data envelopment analysis model. **Pesquisa Operacional**, v. 25, n. 3, p. 493–503, dez. 2005.

NOVAES, M. DE V.; MOURÃO, C. A. M. DO A. **MANUAL DE GESTÃO AMBIENTAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. 1º Edição ed. Fortaleza - CE: [s.n.].

PINELA, S. R. D. S. **O TRANSBORDO DE GRANÉIS SÓLIDOS NOS PORTOS MARÍTIMOS DO SUL DO BRASIL: ANÁLISE SOB A ÓTICA DA EFICIÊNCIA LOGÍSTICA**. [s.l.] Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Toledo, 2018.

PINTO, T. DE P. **METODOLOGIA PARA A GESTÃO DIFERENCIADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO URBANA**. São Paulo: [s.n.].

RAMÃO, A. C. L. et al. TOMADA DE DECISÕES DE PROJETO DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS VERTICAIS NA ÓTICA DO CONCEITO DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA. **Forum Internacional de Resíduos Sólidos - Anais**, 27 jun. 2018.

RODRÍGUEZ, M. A. A. Coordenação técnica de projetos: caracterização e subsídios para sua aplicação na gestão do processo de projeto de edificações. 2005.

SANTOS, M. T. S.; MOCCELLIN, J. V. O PROJETO DA PRODUÇÃO E A PROGRAMAÇÃO INTEGRADOS A UM SISTEMA DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO VOLTADO PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL. **Área de Engenharia de Produção da EESC - USP**, 1999.

SILVEIRA, R. F. **Aspectos estratégicos na utilização do projeto do sistema de produção para obras de construção civil: um estudo de caso**. [s.l.] UFSC, 2017.

SOARES, T. B.; RODRIGUES, N. C. S.; MIRANDA, D. A. DE. Análise crítica de indicadores de produtividade e desperdício de material em sistema de alvenaria de vedação racionalizada. **CONSTRUINDO**, v. 9, n. 2, p. 1–15, 23 jan. 2018.

ANEXO 1 - Questionário Constante Da Pesquisa De Curso De Graduação Em Engenharia Civil Da Utfpr

ALUNO: ALISSON DA COSTA CAMPOS

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 de entrega da obra? _____ meses
4. Qual o número de pavimento tipo da obra? _____ pavimentos

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)

Fazer Planejamento e Controle da Produção	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Definir sequências e trajetória entre os serviços de maior volume	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Manter relação profissional entre Arquiteto, cliente e consultor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Integrar projetos (Arquitetônico e complementares)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Detalhar elementos dos projetos para execução, fabricação ou montagem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Elaborar caderno de especificações detalhada de materiais e serviços previstos	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
Definir os ritmos dos principais processos de produção	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Elaborar estruturação do empreendimento com definições de metas e datas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Decompor as atividades do programa mestre em pacotes de trabalho e operações	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Estabelecer as quantidades de trabalho para execução, programação e sequência	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
Sistematizar indicadores de desempenho	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

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 2 – Dados Formulários

Dados coletados em formulários que foram aplicados nas áreas divididos respectivamente conforme sua parte:

<i>DMUs</i>	DMU1	DMU2	DMU3	DMU4	DMU5
PARTE A					
<i>Tempo (Anos)</i>	20	20	20	20	20
<i>Área (m²)</i>	21020,20	4087,33	1679,97	3896,86	2395,42
<i>Prazo (meses)</i>	60	48	36	48	36
<i>Pavimentos</i>	48	8	5	9	3
<i>Unidade Habitacionais</i>	46	8	15	17	10
PARTE C					
<i>Plantas</i>	18	5	5	6	10
<i>Plantas com detalhes</i>	2	2	2	1	5
<i>Treinamento (Horas)</i>	14	14	14	14	14
<i>Containers (Mensal)</i>	6	4	1	4	2

Dados coletados nos formulários referentes as ações gerenciais (Parte B) do formulário:

Ações Gerenciais	E1	E2	M1	M2	M3	M4	M5
Fazer Planejamento e Controle da Produção	9	7	3	10	10	9	8
Definir sequências e trajetória entre os serviços de maior volume	9	9	2	10	9	10	10
Manter relação profissional entre Arquiteto, cliente e consultor	10	9	9	10	10	10	10
Integrar projetos (Arquitetônico e complementares)	10	10	5	9	9	10	9
Detalhar elementos dos projetos para execução, fabricação ou montagem	10	8	5	7	8	8	10
Elaborar caderno de especificações detalhada de materiais e serviços previstos	5	6	3	9	8	7	9
Padronizar os processos construtivos (repetitividade)	7	10	2	9	7	8	8
Identificar os processos críticos (gargalos)	9	10	1	7	9	8	7
Definir os ritmos dos principais processos de produção	8	7	1	5	7	9	8
Elaborar estruturação do empreendimento com definições de metas e datas	8	7	2	6	8	9	9
Decompor as atividades do programa mestre em pacotes de trabalho e operações	5	8	6	8	10	5	7
Estabelecer as quantidades de trabalho para execução, programação e sequência	7	8	7	8	7	6	7
Tomar decisões de forma participativa	8	9	9	8	6	7	6
Utilizar plano semanal com ordens de serviços	6	6	9	7	6	4	6
Sistematizar indicadores de desempenho	6	5	1	6	6	5	6
Padronizar os controles de produção com manuais	6	5	7	6	5	6	5

ANEXO 3 – Valores de *Outputs*

Cálculo dos valores de *Output* da DMUs dado pela área construída em m² para cada m³ de resíduo gerado na obra (ACR)

	Resíduo	Prazo	Resíduo Obra	Área	<i>OUTPUT</i> (ACR)
	m ³ /mês	mês	m ³	m ²	m ² /m ³
<i>DMU</i>					
<i>TOL-1</i>	27	60	1620	21020,20	12,975
<i>TOL-2</i>	18	48	864	4087,33	4,731
<i>TOL-3</i>	4,5	36	162	1679,97	10,370
<i>TOL-4</i>	18	48	864	3896,86	4,510
<i>TOL-5</i>	9	36	324	2395,42	7,393

ANEXO 4 – Valores de *Inputs*

<i>DMUs</i>	EP	PA	PE	SP	LP	MP	CPz	CP	ACR
OBRA-1	10,00	8,00	6,00	9,00	10,00	9,00	6,00	5,00	94,89
OBRA-2	10,00	9,00	5,00	7,00	5,00	3,00	1,00	4,00	72,22
OBRA-3	10,00	6,00	6,00	8,00	10,00	9,00	9,00	6,00	33,38
OBRA-4	9,00	8,00	7,00	8,00	9,00	7,00	9,00	8,00	32,38
OBRA-5	8,00	10,00	7,00	7,00	6,00	9,00	10,00	3,00	23,87
OBRA-6	10,00	6,00	8,00	9,00	9,00	7,00	9,00	1,00	20,28
OBRA-7	9,00	9,00	6,00	7,00	6,00	10,00	9,00	7,00	18,07
OBRA-8	10,00	10,00	8,00	7,00	7,00	9,00	7,00	6,00	17,52
OBRA-9	9,00	7,00	5,00	9,00	10,00	9,00	10,00	10,00	17,43
OBRA-10	6,00	5,00	6,00	8,00	10,00	7,00	6,00	5,00	16,51
OBRA-11	10,00	9,00	8,00	6,00	9,00	7,00	6,00	7,00	13,20
OBRA-12	10,00	9,00	8,00	9,00	8,00	10,00	7,00	7,00	11,21
OBRA-13	10,00	5,00	5,00	10,00	7,00	10,00	7,00	8,00	10,58
OBRA-14	10,00	7,00	8,00	8,00	8,00	9,00	8,00	8,00	9,34
OBRA-15	10,00	5,00	6,00	9,00	10,00	8,00	7,00	8,00	8,26
OBRA-16	7,00	9,00	8,00	10,00	7,00	3,00	10,00	3,00	8,24
OBRA-17	10,00	9,00	8,00	9,00	9,00	7,00	7,00	6,00	8,03
OBRA-18	8,00	1,00	8,00	10,00	9,00	10,00	7,00	6,00	7,87
OBRA-19	10,00	4,00	7,00	5,00	10,00	8,00	10,00	4,00	7,22
OBRA-20	10,00	5,00	5,00	9,00	10,00	8,00	8,00	7,00	6,12
OBRA-21	10,00	8,00	7,00	7,00	7,00	8,00	10,00	8,00	5,69
OBRA-22	10,00	3,00	6,00	9,00	9,00	10,00	8,00	1,00	5,37
OBRA-23	8,00	9,00	10,00	8,00	8,00	7,00	9,00	7,00	4,89
OBRA-24	9,00	8,00	9,00	9,00	8,00	7,00	7,00	7,00	4,76
OBRA-25	8,00	10,00	7,00	7,00	10,00	8,00	9,00	7,00	4,63
OBRA-26	10,00	9,00	8,00	9,00	7,00	10,00	8,00	7,00	4,56
OBRA-27	10,00	8,00	7,00	9,00	10,00	10,00	8,00	7,00	4,35
OBRA-28	9,00	9,00	6,00	7,00	8,00	8,00	9,00	5,00	4,25
OBRA-29	10,00	10,00	10,00	9,00	10,00	8,00	9,00	8,00	4,12
OBRA-30	8,00	9,00	10,00	10,00	9,00	9,00	9,00	10,00	3,47
OBRA-31	10,00	9,00	7,00	6,00	10,00	8,00	9,00	7,00	2,94
TOL-01	6,67	9,33	7,67	6,50	5,67	7,33	8,67	6,00	12,98
TOL-02	9,33	9,67	8,33	8,67	7,00	7,67	8,33	5,67	4,73
TOL-03	9,00	9,67	8,67	8,67	7,67	7,33	7,67	5,33	10,37
TOL-04	9,33	9,67	8,67	8,67	8,00	7,00	8,00	5,67	4,51
TOL-05	9,33	9,67	9,33	8,50	8,00	7,33	7,67	5,33	7,39