

Abordagens multicritério para tomada de decisão no gerenciamento do estoque de um canteiro de obras

Gabriela de Oliveira Maciel

Pedro Vitor Pantoja de Almeida

Pedro Fernandes de Oliveira Gomes

Resumo

Uma das alternativas que o setor de construtoras tem utilizado na busca por maior eficiência e colocação no mercado, em conjunto com menor custo é a Gestão dos Estoques. Atualmente esse tópico tem tido um destaque muito importante, já que é possível perceber que os investimentos que retêm muitos itens em estoque, ou seja, que ficam parados por períodos de tempo muito longos e sem necessidade tem um alto custo não programado. Além disso, a falta de um produto numa empresa implica diretamente no atraso da entrega do produto final. Dessa maneira, a gestão de estoque vem com o intuito de prevenir que esses problemas ocorram, através de questionamentos tais como o volume adequado de estoque, quanto comprar e com que frequência, entre outros. Tendo isso em vista, muitos estudos, comuns em outros tipos de indústria, vem sendo aplicados por essas empresas que passaram a estudar melhor seus estoques levando a uma conscientização de que é necessário baixar os recursos investidos em estoques mal projetados. Este estudo foi realizado com o objetivo de aplicar métodos para auxílio à tomada de decisão quanto ao controle de estoques de uma construtora, com base no método de análise AHP e curva ABC, e verificar como eles podem ajudar o gerenciamento desses estoques permitindo uma redução em custos com os insumos que demandam maior consumo e valor financeiro.

Palavras-chave: *Gestão de estoque; Métodos de decisão multicritério; Analytic Hierarchy Process; Construção civil*

1. Introdução

Pode-se dizer que a construção civil, na engenharia, coopera para o desenvolvimento econômico e social do país, gerando bens que atendem às necessidades humanas ou que fazem parte da capacidade produtiva. Com a escassez de habitações em nível nacional, a construção civil jamais deixou de vender o que estava sendo produzido e, por essa circunstância, eliminou o fator competitivo do setor que provocou problemas como: a ineficiência, o desperdício e a improvisação. O cenário mudou ao decorrer do tempo tendo a globalização como a maior responsável por isso novas tecnologias e dinâmicas foram adotadas (SZAJUBOK, 2004).

O gerenciamento da cadeia de suprimentos pode ser um exemplo disso já que adquiriu o espaço e respeito necessários a cadeia produtiva no decorrer desse tempo. Sendo assim, a

administração de materiais na construção civil passou a ser tida como uma função importante e complexa para a melhora de um projeto, já que a mesma é de suma importância para o custo e tempo finais do projeto.

Homaid (2002) destacou que na construção civil, o planejamento dos materiais e das atividades da obra não são integrados e a maioria das requisições é feita externamente, não tendo uma dependência para com a sequência de operações. Essa falta de integração dificulta o gerenciamento de materiais na obra.

Afim de oferecer uma contribuição relevante nesse cenário o objetivo deste trabalho é permitir uma análise das condições dos estoques de um canteiro de obra em relação aos itens que demandam maior consumo e valor financeiro através abordagens multicritério como apoio tomada de decisão com base nas análises dos métodos AHP e curva ABC, e verificar como eles podem ajudar o gerenciamento desses estoques.

2. Revisão da literatura

2.1 Gestão de estoque

Davis *et al.* (2001) definem os estoques como a quantificação de qualquer item ou recurso usado em uma organização. O estoque pode incluir entradas como itens humanos, financeiros, energia e equipamentos tais como matéria-prima; saídas, como peças, componentes e produtos prontos; e estágios intermediários do processo, tais como produtos parcialmente acabados ou estoque em processo (ou estoque intermediário).

A gestão de estoque visa manter materiais em processamento, materiais semi-acabados, materiais acabados que não são utilizados em determinado momento na empresa, mas que precisam existir em função de futuras necessidades e são expressos pelo inventário em constante equilíbrio com o programado em nível econômico dos investimentos (VENDRAME, 2008).

Ainda segundo Vendrame (2008), o controle de estoque procura manter os níveis estabelecidos em equilíbrio com as necessidades de demanda, consumo ou das vendas ou custos daí decorrentes. Se a procura sobre o material for maior que o tempo de ressuprimento, pode ocorrer falha na comunicação entre o projeto de planejamento do estoque e o estoque real, com prejuízos visíveis para produção, manutenção e vendas. O equilíbrio entre a demanda e a obtenção de material é o principal o objetivo do controle do estoque, para garantir uma gestão eficiente e eficaz.

Segundo Milanesi (2001) os estoques podem ser vistos como um elo entre as etapas de compra, transformação e venda dentro de um processo de produção. É ele que flexibiliza a parte

operacional da empresa e, por estarem diretamente ligados as entradas e saídas entre as etapas e processos de vendas e de produção, diminuem o efeito dos erros do planejamento e a real situação do estoque quando há a ocorrência de interferências inesperadas no volume de itens, ao mesmo tempo conseguem conciliar as diferenças entre fornecimento e demanda evitando que ocorram interrupções ocasionais e não esperadas nesses tópicos.

Dois aspectos importantes que influenciam o estoque são o conhecimento da demanda e a obtenção do material. Para o conhecimento da demanda é preciso que sejam feitas previsões, pois embora não eliminem a incerteza, ajudam na tomada de decisão correta já que permite conhecer as condições que prevalecerão no futuro. Quanto à obtenção de materiais, pode-se decidir entre comprar lotes inteiros uma única vez ou lotes fracionados de forma contínua. Outros fatores importantes a serem considerados são: o fato de que não é possível fabricar todos os produtos simultaneamente, pois estes podem gerar flutuações conhecidas no fornecimento ou demanda, e os tempos de transporte na rede de suprimentos deverão ser considerados sempre (VIANA, 2011).

Conforme Vendrame (2008), as principais funções do estoque são: garantir o abastecimento de materiais à empresa, neutralizando os efeitos; demora ou atraso no fornecimento de materiais; sazonalidade no suprimento; proporcionar economias de escala, através da compra ou produção em lotes econômicos; proporcionar flexibilidade do processo produtivo e rapidez e eficiência no atendimento às necessidades.

Garcia *et. all* (2006) afirma que apesar de sua complexidade e importância, algumas empresas ainda tratam a gestão de estoque como uma questão não estratégica e a restringe apenas a uma tomada de decisão vinda apenas dos níveis mais baixos dentro da organização. Isso pode ser explicado por alguns casos em que empresas tentaram mudar radicalmente suas práticas de gestão de estoque sem antes analisar a situação atual do ambiente em que estavam e por isso alguns pressupostos necessários para o bom funcionamento dessas soluções não eram cumpridos o que levava ao fracasso da operação de mudança.

2.2 Gestão de estoque na construção civil

Para Szajubok (2004), na construção civil, os estoques de materiais são tidos como a entrada requerida para algum serviço em particular. Para manter esses estoques é necessário que seja feito um levantamento de uma série de custos, alguns facilmente mensuráveis e outros que apresentam aspectos difíceis de identificação, mas que nem por isso deixam de ter sua importância na relação de custos. O principal objetivo do estoque nesse tipo de indústria é de servir de apoio para problemas como incertezas e oscilações entre fornecimento e demanda,

pois existe um tempo de espera entre a ordem de pedido ser liberada e o produto chegar à obra, e é nesse intervalo que acontecem os maiores problemas com o tempo já que é necessário ter a matéria-prima pronta para que não haja uma interrupção no processo construtivo.

Ainda segundo Szajubok (2004), a construção civil não se caracteriza por garantir que os insumos para a execução das tarefas cheguem à obra de acordo com o serviço a ser realizado, ou seja, eles chegam à medida que o projeto vai se concretizando. Entretanto, existem algumas limitações quanto à compra desses insumos. O volume do material a ser entregue no canteiro de obras varia muito com as características de cada material, o fornecedor escolhido, à capacidade do veículo que realizará o transporte e às flutuações nos preços dos materiais. Por isso, alterações quanto à programação dos serviços executados precisam ser realizadas para que haja melhor utilização desses insumos.

Leite e Possamai (2001), afirmam que o planejamento e controle envolvidos na gestão de obras em engenharia implica, de uma primeira visão, na previsão das atividades que serão realizadas, dos recursos necessários, dos custos estimados, dos prazos e de todos os outros elementos importantes para a execução e para o acompanhamento da obra em todos seus processos.

Um aspecto muito crítico que atinge um projeto de construção é o atraso na entrega final. Porém, o desempenho do projeto, com relação ao relatório de programação de custo tem um grande potencial de melhoria para a indústria como um todo.

2.3 Tomada de decisão

Sobre o termo decisão, Abramczuk (2009, p. 27) define-a como:

[...] Ato ou efeito de decidir. Decidir significa escolher uma dentre várias alternativas de ação que se oferecem para alcançar determinado propósito e renunciar a todas as outras. Toda decisão é, portanto, um processo que envolve simultaneamente escolha e renúncia.

No passado, as mudanças de um modo geral ocorriam de uma forma mais lenta, logo as decisões podiam ser tomadas com base em experiências e empirismo. Porém, com o passar do tempo esses procedimentos deixaram de ser possíveis. Os decisores de hoje necessitam de um suporte (métodos científicos) para que essas decisões sejam tomadas e que os resultados sejam de forma satisfatória (FREITAS e KLADIS, 1995).

Segundo Shimizu (2001), uma organização se depara com problemas de decisão a todo momento. Para exemplificar o processo de tomada de decisão basta pensar que uma pessoa física poderia analisar um problema, de qualquer natureza, e escolher a melhor alternativa de decisão de modo inteiramente informal, sem métodos pré estabelecidos; no entanto, quando se trata de uma organização, os problemas são mais amplos e complexos, geralmente, envolvem

riscos e incertezas além de ocorrerem em diferentes níveis funcionais que contam com a participação de diversas pessoas. Logo esse processo de decisão deve ser estruturado e resolvido de maneira formal, detalhada, consistente e transparente.

O tipo de problema é um fator muito importante a ser analisado antes de qualquer tipo de tomada de decisão, em alguns deles é fácil identificar quais são as alternativas, porém, em alguns casos, é necessário que elas sejam bem definidas previamente, e ainda, em outros, pode ser necessário reduzir as alternativas encontradas de forma a facilitar a sua administração.

Segundo Gomes *et al.* (2002) esses métodos, em geral, requerem a determinação de diversos parâmetros de difícil interpretação, é indicado separar as informações coletadas para melhor refletir os objetivos da administração de estoques com uma abordagem de agrupamentos (clustering). Essa lógica da análise de clusters é a de que em sistemas complexos e hierárquicos, as ligações intracomponentes são mais fortes que as intercomponentes. Isso significa que a descoberta de onde as ligações são mais fracas é uma base para a análise da complexidade.

O processo de compra de materiais em obras da construção civil é razoavelmente complexo já que este envolve muitas etapas e que são realizadas em diversos departamentos diferentes, projeto, compra, produção, financeiro, ou seja, necessita de uma grande integração entre os setores das empresas. Além disso, o volume de materiais é enorme e há uma grande variedade de fornecedores. Por esse fato, para o gerenciamento desse estoque é necessário que se encontre uma forma de priorizar certos itens, isso pode ser feito adotando critérios que permitam distinguir claramente a importância do insumo. Portanto, é de suma importância que haja uma análise do problema de estoques levando em consideração critérios qualitativos e quantitativos para que seja possível a confecção de um modelo de tomada de decisão com a ajuda de métodos multicritério de apoio a decisão.

A respeito do tema gerenciamento de inventário na indústria da construção civil, uma grande gama de conceitos e técnicas estão sendo desenvolvidas para o controle desses estoques, alguns exemplos são: modelos estocásticos que determinam a quantidade de pedido, técnicas de projeção de demanda, técnicas ABC, e até sistemas que já eram utilizados em outros setores da indústria como MRP (*Manufacturing Resource Planning*) e ERP (*Enterprise Resource Planning*). Essas técnicas e conceitos têm sido de um grande valor na determinação dos parâmetros de controle de estoque e planejamento de recursos (SZAJUBOK, 2004).

Segundo Vincke (1992), para atender diferentes dimensões que possam existir em um problema, muitos profissionais e especialistas estão se tornando cada vez mais conscientes sobre a necessidade de incorporar métodos de múltiplos critérios em problemas de gestão ou de

decisão. Para isso, é preciso utilizar ferramentas de apoio à essa tomada de decisão que consigam capacitar o tomador de decisão para analisar todas as alternativas envolvidas no processo que se deseja tomar a decisão em diversos pontos de vista em busca de uma solução satisfatória.

Métodos multicritério têm sido empregados em diferentes áreas do conhecimento como apoio a tomada de decisão (Rodriguez *et al.*, 2013). Esses métodos servem de apoio em situações que haja avaliação de diversas alternativas em múltiplas dimensões com base nas preferências e necessidades emitidas pelos decisores (GOMES *et al.*, 2004).

2.3.1 Curva ABC

O método ABC se resume na separação dos itens que serão estudados em três grupos de acordo com os critérios pré selecionados que melhor descrevem a família desses itens. Segundo Dias (1995), como resultado de uma típica classificação ABC surgirão grupos divididos em três classes, como segue:

- a) Classe A: Grupo de itens mais importantes que devem ser tratados com uma atenção bem especial pela administração.
- b) Classe B: grupo de itens em situação intermediária entre as classes A e C.
- c) Grupo C: grupo de itens menos importantes que justificam pouca atenção por parte da administração.

Assim, uma análise ABC irá refletir a dificuldade de controle de um item e o impacto deste item sobre os custos e a rentabilidade de um projeto. Dias (1995) cita alguns fatores que podem afetar a importância de um item e que podem ser utilizados como critérios qualificadores numa análise ABC:

- a) Cuidados de armazenagem para um item;
- b) Custos de falta de material;
- c) Mudanças de engenharia (projeto).

Segundo Szajubok (2004), para os setores da construção civil, devido ao grande volume e variedade de itens em estoques que necessitam de controle, as empresas estão utilizando a classificação ABC 20/80, que soma o método de apoio a tomada de decisão e a lei de Pareto de 1946, como um guia para a priorização de itens em estoque que posteriormente poderão ser gerenciados com melhor precisão. Porém, não há nenhum método fixo de classificação a respeito do que constitui cada categoria (A, B ou C). A escolha de classificar esses limites pode ser determinada de acordo com o percentual de itens que contém o estoque ou baseada nos percentuais cumulativos do valor de consumo desses itens; porém, essa escolha é arbitrária e é

fundamentada em alguns princípios como na natureza do negócio, no julgamento e experiência do analista e na causa das ações que podem ser tomadas.

Alguns problemas mais comuns associados com a análise ABC encontrados no controle de estoques são:

- Critérios de medida que se adequam a qualquer natureza dos itens;
- O número apropriado de categorias;
- Classificação correta desses itens nas classes.

Por esses fatores serem de difícil controle já que mudam muito de projeto para projeto e a análise ABC sozinha não considerar a importância do item em relação ao sistema como um todo, os resultados da análise exclusiva ABC pode levar a distorções perigosas para a empresa. (SZAJUBOK, 2004).

Para itens de inventário em qualquer tipo de empresa, o critério que geralmente se utiliza é de pegar o preço unitário do item multiplicado pela quantidade em que ele é requerido, o que gera o custo total do uso. Entretanto, para muitos itens, esse critério pode tornar-se inadequado. Porém, ao usar esse critério para ranquear os componentes do estoque há uma grande possibilidade de enfatizar itens que possuem o custo total do uso alto, mas que não tem tanto impacto para a operação da produção e não levar em consideração que alguns itens que possuem o custo total do uso baixo são de grande importância para os processos presentes na empresa, isso pode induzir a empresa a um mau gerenciamento dos itens.

Segundo Pinto (2002), a curva ABC é amplamente utilizada para a administração de estoques, porém o método também pode ser usado com outras finalidade como: a definição de políticas de vendas, o estabelecimento de prioridades, a programação de produção, etc. No quesito administração de estoques, por exemplo, ela pode ser usada como um parâmetro para informar sobre a necessidade de aquisição de itens essenciais para o controle do estoque. Com os resultados da curva ABC, é passível de perceber a rotatividade dos itens no estoque assim como o nível da lucratividade e o grau que estes produtos podem representar no faturamento da organização. Portanto, é possível definir os recursos financeiros que são investidos na aquisição do estoque pela análise e aplicação correta dos dados fornecidos com a curva ABC.

Para Cohen & Ernst (1988) a abordagem de usar métodos de clustering como maneira de combinar grupos de itens que possuem semelhanças pode prover uma melhora nos resultados do método ABC. Tendo em vista que a principal vantagem desse método é a possibilidade de acomodar um grande número de combinações de atributos, mas que também requer dados

substanciais para o uso da análise de fator, o qual em alguns casos pode ser impraticável, é necessário utilizar uma combinação de métodos para filtrar os resultados gerados pela ABC.

Seguindo essa dica de combinar métodos multicritérios, Guvenir & Erel (1998) aplicaram o método AHP (*Analytical Hierarchy Process*) para a classificação de estoques com múltiplos critérios, tendo como finalidade corrigir o problema de que os itens geralmente são medidos em unidades diferentes dificultando o agrupamento dos mesmos, unindo alguns critérios como o custo total de uso e preço unitário num único critério que se tornou custo total de uso e assim usando uma única unidade, nesse caso o dólar. Além disso, também foram usados algoritmos genéricos para dar pesos aos critérios selecionados. Para esse caso o método proposto foi denominado GAMIC (*Genetic Algorithm for Multicriteria Inventory Classification*) e esse poderia prever melhorias ainda mais significativas nos resultados obtidos com a curva ABC e o método AHP inseridos no controle de estoque para o setor de construção.

2.4. Método multicritério AHP (*Analytic Hierarchy Process*)

Um exemplo de método multicritério é o Analytic Hierarchy Process (AHP), que, resumidamente, é uma combinação da mensuração relativa com a mensuração absoluta (Saaty, 1990) e tem a finalidade de avaliar e selecionar um grande número de alternativas dentro de projetos tratando problemas de escolha complexos de forma simples.

O AHP é um dos métodos AMD (Apoio Multicritério a Decisão) mais utilizados quando se trata de avaliar objetivos e critérios múltiplos presentes em problemas que tem como características sua complexidade e subjetividade (SHIMIZU, 2006; SHIN *et al.*, 2013). Foi criado por Thomas L. Saaty na década de 70, e consiste na elaboração de um modelo que inspirado no funcionamento da mente humana consiga avaliar as alternativas dispostas diante de um problema de decisão complexo permitindo até tratar de problemas compostos por valores tangíveis como os intangíveis, tudo isso porque ele tem a capacidade de criar medidas para as variáveis qualitativas tendo como base julgamentos subjetivos feitos pelos decisores (SAATY, 1991). Nesse contexto, o AHP é considerado um método scoring, pois utiliza uma pontuação para expressar a preferência de quem está tomando a decisão (XU e YANG, 2001).

Através do AHP a tomada de decisão é estruturada em forma hierárquica para que quem toma a decisão consiga identificar atributos que contribuem para a solução dos participantes associados ao problema (SAATY, 1990).

De acordo com Saaty (2008), a fase de aplicação do AHP contempla a seguinte sequência de passos a serem seguidos: elaboração do objetivo principal definido a partir do problema e determinação do tipo de conhecimento buscado; estruturar a hierarquia de decisão

a partir do nível mais alto (objetivo principal) para o nível mais baixo (alternativas), determinando os critérios e subcritérios e alternativas; construir um conjunto de matrizes de comparação par a par (são necessárias $n * (n-1) / 2$ comparações (matrizes), onde 'n' é o número de elementos considerados); levantamento dos julgamentos de cada par de alternativa e critério; cálculo de prioridades; usar as prioridades obtidas da comparação para pesar as prioridades do nível imediatamente inferior; verificação da consistência do julgamento; e, por último, para cada elemento no nível abaixo adicionam-se seus valores ponderados e calcula-se a prioridade global das alternativas.

Uma questão a ser levantada para este estudo parte da teoria da utilidade multi atributo que possibilita definir um valor global para cada alternativa e esse valor serve como um indicador de sua posição relativa na ordenação final e facilita o estabelecimento de hierarquias (GOMES, 2002). Segundo Saaty (1991) o processo básico de aplicação dessa teoria se inicia com a priorização da importância relativa dos elementos de tomada de decisão com relação a um objetivo através de avaliações parciais.

De acordo com Miller (1956), é indicado utilizar um número máximo de 7 ± 2 elementos em cada nível de comparação a fim de alcançar maior acurácia nos resultados. Porém, Alves et Alves (2015) concluíram que um número elevado de comparações também pode gerar riscos de inconsistências nos julgamentos. Já Saaty (1991) afirma que não existe um procedimento padrão a ser seguido para que o levantamento de critérios seja feito de forma a quantificar os elementos e objetivos e sugere a utilização de um brainstorming feito com especialistas/pessoas que podem ter conhecimento ou vivência mais aprofundados sobre os critérios e alternativas e/ou consultas bibliográficas para ajudar na elaboração dos critérios e dos objetivos.

De acordo com Saaty (1991), após a seleção e hierarquização dos critérios e subcritérios, é feita a coleta de julgamento por meio da comparação par a par entre dois elementos de um mesmo nível à luz do elemento foco imediatamente superior. O julgamento é realizado pelos decisores e utiliza uma escala cuja principal função é indicar quantas vezes um atributo é mais importante que o outro (ou mais significativo do ponto de vista da empresa para o alcance do objetivo pré definido). A escala inicia-se em um, onde os critérios são igualmente importantes, terminando em nove. Os elementos comparados formam uma matriz quadrada, cuja ordem é igual ao número de elementos subordinados ao nó imediatamente superior e as linhas e colunas são formados pelos elementos subordinados dispostos na mesma ordem (SAATY, 1991).

Ainda sobre as afirmações de Saaty (1991), durante o julgamento par a par, são comparados, um por um, os elementos da linha com os da coluna e o valor resultando do

juízo é registrado em uma matriz na posição linha e coluna referente aos elementos comparados. A matriz de juízo das n alternativas (a_1, a_2, \dots, a_n) à luz do critério C_1 , representada na Tabela 1, na qual x_{ij} representa as entradas de juízo variando i e j de 1 a n . Nas comparações é indispensável levar em conta a importância do critério e a intensidade dessa importância para cada elemento. Essa matriz de comparação gera relações recíprocas conforme representado na Tabela 1, sendo assim, para cada juízo registrado na posição de linha i e coluna j há um valor igual a $1/x_{ij}$ na posição recíproca, isto é, na posição de linha j e coluna i .

Algumas regras são citadas pelo referido autor e devem ser seguidas considerando as posições de elementos de linha e coluna i e j , respectivamente, variando de 1 a n :

Regra1: Se $x_{ij} = \alpha$, então $x_{ji} = 1/\alpha$, $\alpha \neq 0$, onde α é o valor numérico do juízo baseado na escala de Saaty (1991). Logo, temos $x_{ji} = 1/x_{ij}$.

Regra2: Se a_i é julgado de igual importância relativa a a_j , então $x_{ij} = 1$ e $x_{ji} = 1$; e, em particular, $x_{ij} = 1, \forall i=j$

Tabela 1 - Matriz de juízo

C_1	a_1	a_2	...	a_n
a_1	1	x_{12}	...	x_{1n}
a_2	$1/x_{12}$	1	...	x_{2n}
...
a_n	$1/x_{n1}$	$1/x_{n2}$		1

Fonte: Saaty (1991)

Como já citado acima, o juízo deve ser baseado na escala de Saaty (1991), conforme a Tabela 2, iniciando com um juízo a partir da descrição, ou seja, de uma forma conceitual e, após isso, o convertendo para a escala numérica referente ao primeiro juízo para que assim seja possível registrá-lo na matriz. O número de comparações necessárias pode ser representada pela expressão:

$$\frac{n(n-1)}{2} \quad (1)$$

Em que n é o número de elementos comparados (Gomes et al., 2004).

Tabela 2 - Escala de julgamento Saaty

Escala numérica	Escala Conceitual	Descrição
1	Igual	Os dois elementos comparados contribuem igualmente para o objetivo.
3	Moderada	O elemento comparado é ligeiramente importante ao outro.
5	Forte	A experiência e o julgamento favorecem fortemente o elemento em relação ao outro.
7	Muito Forte	O elemento comparado é muito mais forte em relação ao outro, e tal importância pode ser observada na prática.
9	Absoluta	O elemento comparado apresenta o mais alto nível de evidência possível a seu favor.
2,4,6,8	Valores intermediários entre dois julgamentos, utilizados quando o decisor sentir dificuldade ao escolher entre dois graus de importância adjacentes.	

Fonte: Saaty (1991)

Depois de todos os julgamentos feitos e registrado na matriz é preciso calcular as prioridades locais e globais. Nessa fase, calcula-se a contribuição relativa de cada elemento da estrutura hierárquica em relação ao elemento imediatamente superior e ao objetivo principal. Tendo isso em mente, o primeiro passo é o cálculo das prioridades de cada elemento, também chamados de nós, em relação ao seu elemento imediatamente superior, encontrando-se a prioridade local que pode ser obtida calculando-se o principal autovetor da matriz de julgamentos e em seguida o normalizando (Saaty 1991). Entretanto, alguns autores utilizam procedimentos diferentes para o cálculo dessas prioridades. Vargas (2010) utiliza em seu trabalho, os seguintes passos: i) é calculado o somatório dos julgamentos registrados em cada coluna da matriz de julgamentos inicial; ii) são utilizados esses somatórios para criar uma nova matriz normalizada, na qual cada elemento é inicializado pelo elemento da matriz original dividido pelo total de sua respectiva coluna; iii) por fim é obtida a prioridade com o cálculo da média aritmética dos elementos de cada linha da matriz normalizada.

Como já citado acima, de acordo com Vargas (2010), os tópicos são obtidos com cálculo do maior autovalor da matriz de julgamento (λ_{Max}) por meio do somatório do produto de cada total da coluna j da matriz original de julgamentos por cada elemento na posição j do vetor de prioridade, considerando j a coluna da matriz de julgamento variando de 1 a n . Considerando a matriz de julgamento, o vetor de prioridades (prioridades calculadas dos elementos) e a ordem (n) da matriz, o cálculo do autovalor é representado pela seguinte fórmula,:

$$\lambda_{Max} = \sum_{j=1}^n T_j \times P_j \quad (2)$$

Nessa representação T_j é o somatório da coluna j da matriz de julgamento e P_j é a prioridade calculada para o critério localizado na linha j .

Para continuar o método com a certeza de que os julgamentos foram válidos é necessário calcular o índice de consistência dos mesmos, Consistency Index (CI):

$$CI = \frac{\lambda_{Max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

Após isso, calcula-se a razão de consistência, Consistency Ratio (CR):

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (4)$$

Conforme Saaty (1991), o índice randômico, Random Index (RI), é o índice de consistência de uma matriz recíproca gerada, randomicamente, pelo laboratório Oak Ridge e que apresenta uma tabela RI, representada na Tabela 3, que contém os índices randômicos calculados para matrizes recíprocas quadradas de ordem n . Ainda de acordo com o autor referido, para que a matriz de julgamento seja considerada consistente o CR calculado deve ser inferior ou igual a 0,10. Caso contrário, a matriz será considerada inconsistente, e, portanto os julgamentos relacionados devem ser refeitos.

Tabela 3 - Índices de consistência aleatória

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R	0.0	0.0	0.5	0.9	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5	1.4	1.5	1.5	1.5
I	0	0	8	0	2	4	2	1	5	9	1	8	6	7	9

Fonte: Saaty (1991)

De acordo com Saaty (1991), após a consistência dos julgamentos ser aprovada é realizado o cálculo do desempenho global das alternativas. A prioridade global pode ser calculada multiplicando-se a prioridade local de cada elemento pelas prioridades locais dos nós hierarquicamente superiores (VARGAS, 2010).

Tomando como base a estrutura hierárquica do AHP, as prioridades globais calculadas para cada critério correspondem à importância de cada critério em relação ao objetivo principal. Porém, a prioridade encontrada no nível das alternativas ao se multiplicar a prioridade local da

alternativa em relação a um determinado foco pela prioridade global deste reflete o impacto da alternativa no objetivo principal, relativo a um único critério (SAATY 1991).

3. Metodologia de pesquisa

Lehfeld (1991) refere-se à pesquisa como sendo a inquisição, o procedimento sistemático e intensivo, que tem por objetivo descobrir e interpretar os fatos que estão inseridos em uma determinada realidade. A pesquisa pode ser classificada quanto à sua abordagem, sua natureza, seus objetivos e seus procedimentos.

Tendo isso em vista, o presente trabalho apresenta quanto a sua abordagem o estudo é classificado como qualitativa; O objetivo da amostra é de produzir informações aprofundadas e ilustrativas: seja ela pequena ou grande, o que importa é que ela seja capaz de produzir novas informações (DESLAURIERS, 1991, p. 58).

Quanto aos seus objetivos e natureza, a pesquisa é descritiva e aplicada já que esse tipo de estudo pretende descrever os fatos e fenômenos de determinada realidade (TRIVIÑOS, 1987), e gerar conhecimentos para aplicação prática. Sobre seus procedimentos, a pesquisa é classificada estudo de caso, pois envolve um estudo baseado em dados qualitativos que foram coletados a partir de eventos reais e tem como principal objetivo explicar, explorar ou descrever fenômenos atuais inseridos em seu próprio contexto (EISENHARDT, 1989; YIN, 2009)

Os passos identificados para a realização do trabalho são:

- Revisão bibliográfica dos conceitos relacionados;
- Caracterizar o objeto de estudo por meio de observação: o objeto de estudo selecionado, canteiro de obras de um edifício residencial, foi analisado durante um período de aproximadamente 6 meses nas áreas que se relacionavam com a movimentação realizada quanto aos materiais utilizados para as atividades de elétrica da obra;
- Levantar as informações do processo por meio de observações e entrevistas com os envolvidos nas atividades: as informações necessárias para a pesquisa foram a respeito da entrada e saída dos materiais assim como as características relacionadas aos mesmo (custo, rotatividade, tempo de entrega, importância para o funcionamento da obra). Os dados coletados foram retirados do sistema utilizado na obra e por observações presenciais e as entrevistas foram realizadas com o engenheiro responsável pela obra e o mestre de obras, porém a ajuda e acompanhamento do almoxarife foi de suma importância no decorrer do estudo;

- Selecionar os critérios a serem avaliados: os critérios avaliados para esse estudo foram selecionados quanto a sua relevância para o projeto e a seleção contou com os conhecimentos do engenheiro residente da obra e o almoxarife;
- Implementar o método Analytic Hierarchy Process como apoio a tomada de decisão;
- Gerar dados que possam dar embasamento matemático para futuras decisões urgentes ou não relacionadas a obra assim como servir de modelo para que outros processos possam ter a mesma análise.

4. Estudo de caso

4.1. Caracterização do ambiente

A empresa utilizada no estudo de caso em questão atua nos setores imobiliário e de construção. Fundada em 1999, é uma das marcas mais fortes do mercado imobiliário Paranaense conhecida em todo o estado por administrar uma grande carteira de locação imobiliária. Além disso é formada por um grupo empresarial ao qual se integram uma construtora e uma loteadora. Conta com uma estrutura completa com executivos de locação, angariadores, atendimento especializado e manutenção própria para oferecer mais economia aos seus clientes e proprietários e uma estrutura jurídica internalizada que contribui para uma melhor relação entre inquilinos e proprietários. Além disso, possui uma grande equipe de vendas para suprir a demanda dos seus lançamentos imobiliários, negociar imóveis de terceiros e atuar com muita competência no pós-venda.

No seu histórico, a empresa apresenta a construção de 24 prédios, sendo 15 já entregues, 7 em construção e dois em fase de lançamento e mais de 26 loteamentos planejados, projetados e lançados.

É válido ressaltar que o estudo em questão irá partir somente da parte da construtora, em um dos canteiros de obras de um edifício residencial de alto padrão com 30 pavimentos e 3 subsolos localizado na cidade de Maringá-PR e que a estratégia de produção da mesma é formada por um corpo de engenheiros especializado em obras de condomínios a preço de custo, ou seja, todo dinheiro investido na obra vem das parcelas pagas mensalmente pelos condôminos. As instalações da produção se encontram no canteiro de obras. Os estoques de materiais estão dispostos nos subsolos e são levados aos pavimento com o transporte vertical, elevador cremalheira, quando solicitados. Além dos estoques, no subsolo 1 está presente o estacionamento para funcionários e no subsolo 2 o refeitório e os vestiários. No térreo, estão dispostos o almoxarifado com alguns materiais e ferramentas; a sala do mestre de obras;

bebedouro; instalações sanitárias. Já no segundo andar está presente o escritório do engenheiro responsável pela obra.

A parte estrutural do edifício já está quase toda completa, no momento estão sendo feitas as alvenarias internas, instalações hidráulicas, elétricas e de automação, além dos revestimentos com chapisco e reboco.

4.1.2. Função produção

A função produção presente no canteiro de obras estudado é formada pelos seguintes agentes:

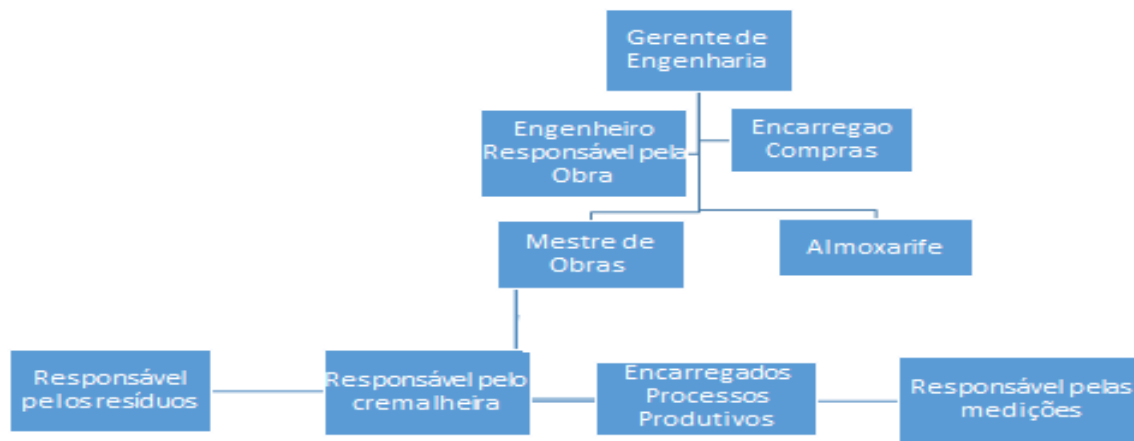
- **Gerente de Engenharia:** Responsável por coordenar todos os projetos relacionados a obra desde estrutural á instalações e até o contato de vendas dos imóveis. Deve coordenar não só a parte produtiva desses projetos, mas também a financeira e tudo relacionado a gestão de seus processos.
- **Engenheiro Responsável pela Obra:** Responsável por coordenar a obra, braço direito do gerente de engenharia. Presente na obra, cuida para que o cronograma seja seguido e para que haja qualidade nos processos realizados. Organiza as atividades diárias da obra e respectivos trabalhadores.
- **Encarregado Compras:** Responsável por avaliar e efetivar os pedidos de compras feito pelo almoxarife. Não fica presente no canteiro de obras, é um contato direto do escritório geral. Faz 3 diferentes de orçamentos para cada pedido antes de efetivar a compra.
- **Mestre de Obras:** Responsável pela fiscalização e supervisão da obra. Acompanha todos os processos da obra checando qualidade de materiais e serviços e garantindo que as entregas estejam dentro das conformidades. É o contato direto do engenheiro responsável pela obra com os encarregados de cada processo produtivo.
- **Almoxarife:** Responsável por receber, identificar e conferir materiais registrando suas entradas e saídas. Controla e registra entrada e saída de materiais e serviços comprados/alugados, assim como ferramentas. Recolhe os pedidos feitos pelos encarregados dos processos produtivos e repassa ao encarregado de compras.
- **Encarregados dos Processos Produtivos:** Responsáveis pelos serviços de mão de obra como instalações elétrica e hidráulica, alvenaria, fundações, revestimentos, etc. São terceirizados, contratados por um empreiteira.
- **Encarregado Cremalheira:** Responsável por operar o elevador cremalheira levando materiais, pessoas e resíduos para obra toda.

- **Encarregado Resíduos:** Responsável por receber os resíduos da obra e destinar ao local correto assim como manter os pavimentos de acesso comum limpos e organizados.

- **Encarregado Medições:** Braço direito do mestre de obras faz a conferência dos trabalhos já realizados, garantindo a qualidade de cada serviço.

O organograma do canteiro de obras está presente na Figura 1.

Figura 1 – Organograma do Canteiro de Obras



Fonte: Autor (2019)

4.2. Delimitação da área de estudo

As atividades consideradas para o estudo eram as presentes no canteiro de obras no período de abrangência do mesmo. As quais eram: Infra de elétrica e comunicação, em alvenarias e teto; Infra de automação e cabeamento de aspiração central; Infra de hidráulica água fria (AF), água quente (AQ) (flextemp); Infra de ar condicionado (AC); Base e montagem da churrasqueira e dutos de exaustão. Dentre elas, a escolhida para o estudo foi a infra elétrica comunicação em alvenaria e teto.

A escolha se deu depois de uma conversa com o almoxarife e o gerente de engenharia responsável pela obra, já que nessa atividade estavam sendo usados alguns materiais novos e um material específico de valor elevado os operários não sabiam ao certo quanto desse material estava sendo usado por pavimento. Além disso, a fase que segue essa atividade precisa de muito mais controle pois gera um custo mais elevado que as outras.

4.3. Situação atual do almoxarifado/estoque

A partir do acompanhamento do lançamento de pedidos e digitalização das notas fiscais foi perceptível a necessidade de melhora no desempenho do controle de fluxo de materiais (entrada e saída) da obra. Muitos materiais que estavam no estoque não tinham a nota fiscal lançada dificultando a quantificação do tanto que foi gasto e o que falta gastar com a matéria

prima; não havia dados sobre quais e quantos materiais estavam no estoque; e havia divergência nos pedidos por escrito das empreiteiras e o que estava sendo usado, dificultando o controle do estoque existente.

4.4. Registros de entrada/saída

Decidiu-se quantificar os materiais que movimentaram a obra. Em um primeiro momento foram localizadas todas as notas fiscais lançadas no sistema para que fossem levantados os registros de entradas da atividade, Tabela 4. Após isso, foram quantificados os materiais que estavam sendo gastos por pavimento para, assim, registrar o quanto já havia sido utilizado na obra até o presente momento, ou seja, o registro de saídas da atividade. O resultado está presente na Tabela 5.

Tabela 4 – Registro de entrada

Registro de entrada

Descrição	Data	Empresa	Quantidade	Unidade
Fita isolante 20mts P-22 PRYSMIAN	25/01/2019	EletroBrasil	10	Pç
Caixinha EMB ferro 4x4 estampada			100	Pç
Caixinha EMB ferro 2x4 estampada			225	Pç
Abraçadeira Univ. cable tie holder X-UCT-E MX		Hilti	16	PAC
Mangueira corrug CEMAR laranja 3/4"	26/02/2019	EletroBrasil	50	mt
Mangueira corrug CEMAR amarela 3/4"			200	mt
Fita isolante 20mts P-22 PRYSMIAN			20	Pç
Caixinha EMB ferro 2x4 estampada	26/02/2019	EletroBrasil	100	Pç
Caixinha EMB ferro 4x4 estampada			100	Pç
Caixinha EMB ferro FMS diversas			700	Pç
Caixinha EMB gesso 4x4 TRAMONTINA			400	Pç
Abraçadeira NYL ENERBRAS 200x2,5mm			4000	Pç
Amanco mangueira corrugada laranja 1"	28/02/2019	Coelma	200	mt
HILTI prego fixador X-C 24 B3 MX	12/03/2019	Coelma	2000	Pç
Caixinha EMB gesso 4x2 TRAMONTINA	19/03/2019	EletroBrasil	800	Pç
HILTI prego fixador X-C 24 B3 MX	23/03/2019	Coelma	2000	Pç
HILTI fixador p/ nilon X-UCT-E MX			2000	Pç

Descrição	Data	Empresa	Quantidade	Unidade
AMANCO mangueira corrugada 1/2" amarela	27/03/2019	Coelma	300	mt
Caixa passagem 20x20			12	Pç
Caixa passagem 30x30			2	Pç
TRAMONTINA caixa gesso cartonado 4x2			800	Pç
Caixa passagem 30x30			8	Pç
Abraçadeira nylon 350x3mm			20	Pç
Magueira corrug AMANCO laranja 3/4"	09/04/2019	EletroBrasil	4000	mt
Magueira corrug AMANCO laranja 1"			1500	mt
Magueira corrug AMANCO amarela 1/2"			1200	mt
Caixa passagem 30x30x12 EMB PALOMAR			240	Pç
Abraçadeira NYL ENERBRAS 300x3,5mm			4000	Pç
Abraçadeira NYL ENERBRAS 300x3,5mm			50	Pç
Prego para betão X-C 24 B3 MX	07/05/2019	Hilti	4	PAC
Univ. Cable tie holder X-UCT-E MX			16	PAC
HILTI prego fixador X-C 24 B3 MX	21/05/2019	Coelma	3700	Pç
HILTI arruela conica X-CW S23			1410	Pç
Caixa 4x2 metal estampada			280	Pç
Caixinha EMB ferro 2x4 estampada	24/05/2019	EletroBrasil	1000	Pç
Abraçadeira NYL ENERBRAS 200x3,5mm	29/05/2019	EletroBrasil	2000	Pç
Arruela cônica X-CW S23	10/06/2019	Hilti	15	PAC
Prego para betão X-C 24 B3 MX			5	PAC

Fonte: Autor (2019)

Tabela 5 – Registro de saída

Registro de saída

Item	Descrição	Data	Quantidade	Unidade
1	Caixa 2x4 (alvenaria)	03/05/2019	1408	un.
2	Caixa 4x4 (alvenaria)	até	154	un.
3	Pino Hilti	25/06/2019	11000	un.
4	Abraçadeira Hilti		5500	un.
5	Mangueira/Eletroduto corrugado amarela ¾		5500	Mt.
6	Mangueira/Eletroduto corrugado laranja ¾		4400	Mt.
7	Mangueira/Eletroduto corrugado laranja 1"		2200	Mt.
8	Mangueira/Eletroduto corrugado amarela 1"		2200	Mt.

Item	Descrição	Quantidade	Unidade
9	Abraçadeira Nylon preta 200x2,5m	4400	un.
10	Caixa 30x30	308	un.
11	mangueira preta 50mt 1 ½	1100	Mt.
12	Arruela X-CW S23 200 un.	4400	un.
13	Caixa Sextavada	814	un.
14	Mangueira/Eletroduto corrugado amarela ½	1100	mt

Fonte: Autor (2019)

4.5. Registros de estoque

Feito isso, essas informações foram cruzadas para que fosse possível saber a quantidade material presente na obra conforme o sistema, Tabela 6.

Tabela 6 – Registro de estoque pelo sistema

Registro de estoque

Descrição	Já foi utilizado	Comprado	Estoque pelo sistema
Caixa 2x4 (alvenaria) 140 un.	1408	1605	197
Caixa 4x4 (alvenaria) 75 un.	154	200	46
Pino Hilti x-c 24 b3 mx 1000 un.	11000	7700	-3300
Abraçadeira Hilti cable tie holder 250 un.	5500	10000	4500
Mangueira corrugada amarela 3/4 50mt	5500	200	-5300
Mangueira corrugada laranja 3/4 50mt	4400	4050	-350
Mangueira corrugada laranja 1" 50mt	2200	1700	-500
Mangueira corrugada amarela 1" 50mt	2200	0	-2200
Abraçadeira Nylon preta enerbras 200x2,5m 100 un.	4400	6050	1650
Caixa 30x30 1 un.	308	250	-58
Mangueira corrugada preta 1 1/2 50mt	1100	0	-1100
Arruela X-CW S23 200 un.	4400	1410	-2990
Caixa Sextavada	814	0	-814
mangueira amarela 1/2 50mt	1100	300	-800

Fonte: Autor (2019)

Após isso foi feito o inventário do estoque físico da obra, contado manualmente, para comparação, Tabela 7.

Tabela 7 – Registro de estoque real

Quantidade no Estoque

Descrição	Qnt.	Unidade		Qnt. Unit.	Unidade
Caixa 2x4 (alvenaria) 140 un.	4	CX	6 avulsa	566	un.
Caixa 4x4 (alvenaria) 75 un.	0	CX		0	un.

Descrição	Qty.	Unidade		Qty. Unit.	Unidade
Pino Hilti x-c 24 b3 mx 1000 un.	4	CX		4000	un.
Abraçadeira Hilti cable tie holder 250 un.	9	pac		2250	un.
Mangueira corrugado amarela 3/4 50mt	71	rolo		3550	mt
Mangueira corrugado laranja 3/4 50mt	28	rolo		1400	mt
Mangueira corrugado laranja 1" 50mt	124	rolo		6200	mt
Mangueira corrugado amarela 1" 50mt	75	rolo		3750	mt
Abraçadeira Nylon preta enerbras 200x2,5m 100 un.	2	pac		200	un.
Caixa 30x30 1 un.	80	un.		80	un.
mangueira preta 1 1/2 50mt	5	rolo		250	mt
Arruela X-CW S23 200 un.	7	un.		1400	un.
Caixa Sextavada	0	un.		0	un.
mangueira amarela 1/2 50mt	5	rolo		250	mt

Fonte: Autor (2019)

4.6. Implementação da Curva ABC

Nesse contexto, a curva foi dada como sugestão para calcular o peso que os materiais tinham sobre a atividade de elétrica, ou seja, quais materiais tinham maior representatividade em relação a custos, rotatividade e lead time de entrega dentro dessa atividade. Os pesos calculados aqui serão utilizados para implementação do método AHP afim de reduzir ao máximo o índice de inconsistência dos julgamentos par a par.

Para o primeiro tópico, preço unitário, os materiais foram listados em ordem crescente quanto sua rotatividade e preço unitário e posteriormente calculados seus percentuais individuais e acumulados, Tabela 10. Como “nota de corte” entre as categorias, foram utilizadas as presentes na Tabela 9.

Tabela 9 – Nota de corte Curva ABC

Classe	Corte
A	80%
B	95%
C	100%

Fonte: Autor (2019)

A partir dessas notas foi possível categorizar os materiais de acordo com a sua rotatividade e preço unitário, Tabela 10.

Tabela 10 – Curva ABC preço unitário

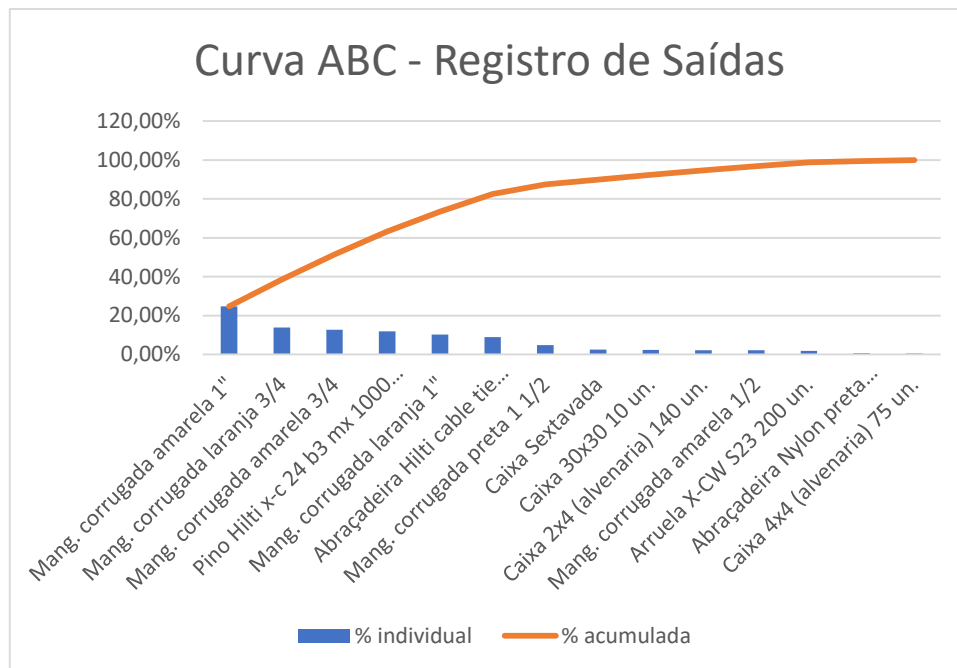
Curva ABC

Produto	Saída	Preço unitário	Total	% individual	% acumulada	Classificação
Mangueira/Eletroduto corrugado amarela 1"	2200	5,10	11220	24,81%	24,81%	A
Mangueira/Eletroduto corrugado laranja ¾"	4400	1,42	6248	13,81%	38,62%	A
Mangueira/Eletroduto corrugado amarela ¾"	5500	1,05	5775	12,77%	51,39%	A
Pino Hilti x-c 24 b3 mx 1000 un.	11000	0,49	5390	11,92%	63,30%	A
Mangueira/Eletroduto corrugado laranja 1"	2200	2,10	4620	10,21%	73,52%	A
Abraçadeira Hilti cable tie holder 250 un.	5500	0,74	4070	9,00%	82,52%	B
Mangueira/Eletroduto preta 50mt 1 ½"	1100	2,00	2200	4,86%	87,38%	B
Caixa Sextavada	814	1,44	1172	2,59%	89,97%	B
Caixa 30x30 10 un.	308	3,50	1078	2,38%	92,36%	B
Caixa 2x4 (alvenaria) 140 un.	1408	0,72	1014	2,24%	94,60%	B
Mangueira/Eletroduto corrugado amarela ½"	1100	0,90	990	2,19%	96,79%	C
Arruela X-CW S23 200 un.	4400	0,20	880	1,95%	98,73%	C
Abraçadeira Nylon preta enerbras 200x2,5m 100 un.	4400	0,08	352	0,78%	99,51%	C
Caixa 4x4 (alvenaria) 75 un.	154	1,44	222	0,49%	100,00%	C
		Soma:	45231			

Fonte: Autor (2019)

Com os dados resultantes da Tabela 10, foi possível montar o gráfico, representado no gráfico 1, que mostra a curva ABC propriamente dita.

Gráfico 1 – Curva ABC Preço unitário



Fonte: Autor (2019)

Também foi possível analisar a quantidade em proporção de materiais presentes em cada classificação da curva ABC. Esses dados estão representados na Tabela 11.

Tabela 11 – Proporção de valores por categoria (Preço Unitário)

Classe	Proporção de valores
A	73,52%
B	21,08%
C	5,40%

Fonte: Autor (2019)

Esse mesmo processo foi repetido para o tópico rotatividade, Tabela 12, utilizando mesmas notas de corte.

Tabela 12 – Curva ABC preço unitário

Curva ABC para rotatividade

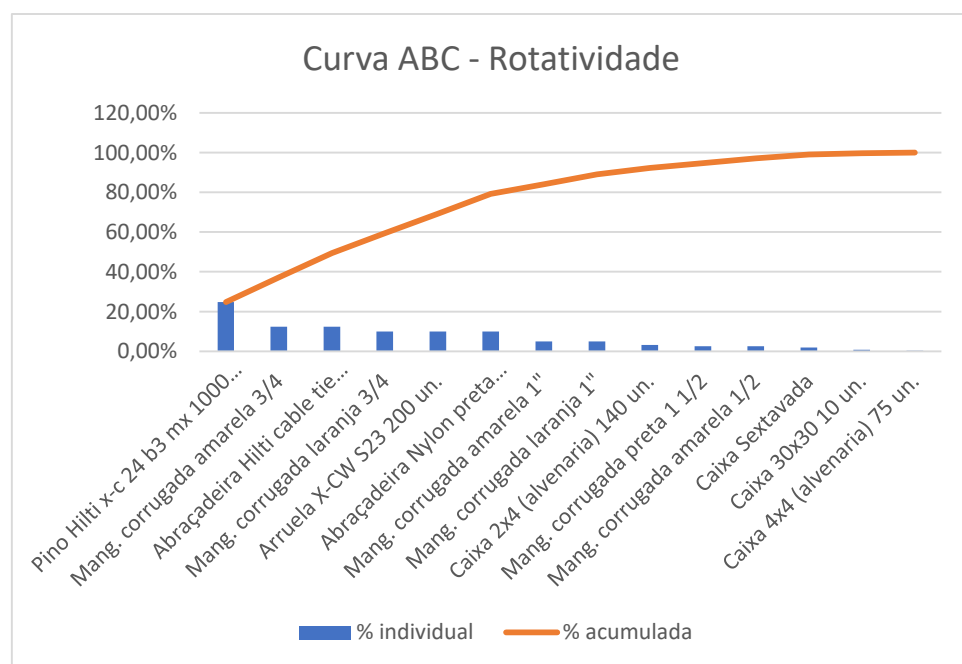
Produto	Saída	% individual	% acumulada	Classificação
Pino Hilti x-c 24 b3 mx 1000 un.	11000	24,73%	24,73%	A
Mangueira/Eletroduto corrugado amarela 3/4	5500	12,36%	37,09%	A
Abraçadeira Hilti cable tie holder 250 un.	5500	12,36%	49,46%	A
Mangueira/Eletroduto corrugado laranja 3/4	4400	9,89%	59,35%	A
Arruela X-CW S23 200 un.	4400	9,89%	69,24%	A

Produto	Saída	% individual	% acumulada	Classificação
Abraçadeira Nylon preta enerbras 200x2,5m 100 un.	4400	9,89%	79,13%	A
Mangueira/Eletroduto corrugado amarela 1"	2200	4,95%	84,08%	B
Mangueira/Eletroduto corrugado laranja 1"	2200	4,95%	89,02%	B
Caixa 2x4 (alvenaria) 140 un.	1408	3,17%	92,19%	B
Mangueira/Eletroduto preta 50mt 1 ½	1100	2,47%	94,66%	B
Mangueira/Eletroduto corrugado amarela ½	1100	2,47%	97,13%	C
Caixa Sextavada	814	1,83%	98,96%	C
Caixa 30x30 10 un.	308	0,69%	99,65%	C
Caixa 4x4 (alvenaria) 75 un.	154	0,35%	100,00%	C
	44484			

Fonte: Autor (2019)

Com os dados resultantes da Tabela 12, o gráfico 2, que mostra a curva ABC propriamente dita, foi montado.

Gráfico 2 – Curva ABC Rotatividade



Fonte: Autor (2019)

As proporções de materiais por classificação estão representadas na Tabela 13.

Tabela 13 – Proporção de valores por categoria (Rotatividade)

Classe	Proporção de valores
A	79,13%
B	21,08%
C	5,40%

Fonte: Autor (2019)

E assim como os tópicos anteriores, a curva ABC também foi implementada para o lead time, prazo de entrega, dados pelas empresas fornecedoras dos materiais selecionados presente na Tabela 14.

Tabela 14 – Curva ABC prazo de entrega

Curva ABC para Lead time

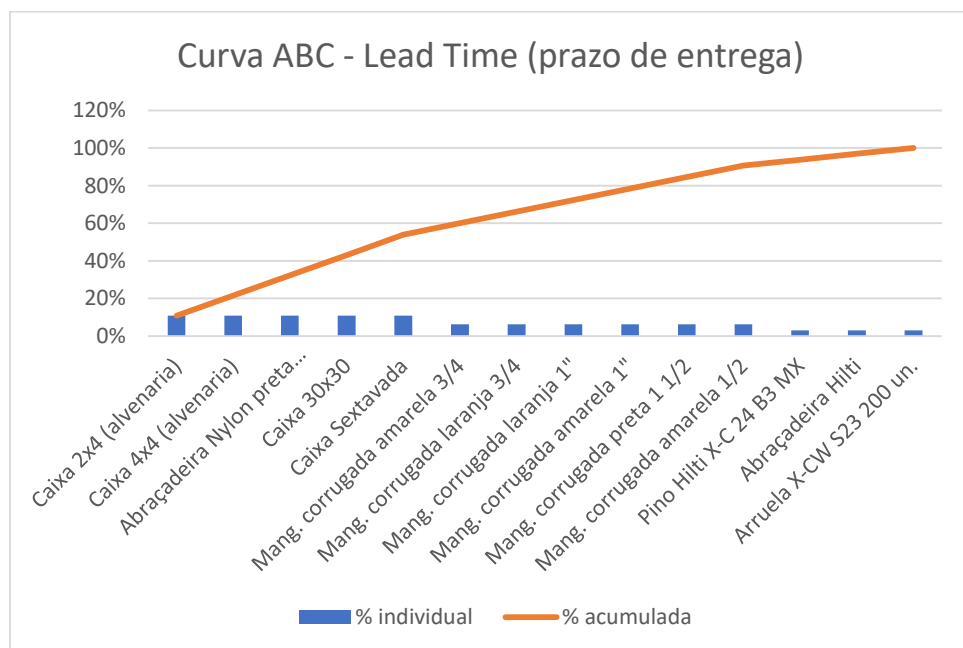
Produto	Empresa	Tempo de entrega	Unidade	% individual	% acumulada	Classificação
Caixa 2x4 (alvenaria)	EletoBrasil	7	Dias úteis	10,77%	10,77%	A
Caixa 4x4 (alvenaria)	EletoBrasil	7	Dias úteis	10,77%	21,54%	A
Abraçadeira Nylon preta 200x2,5m	EletoBrasil	7	Dias úteis	10,77%	32,31%	A
Caixa 30x30	EletoBrasil	7	Dias úteis	10,77%	43,08%	A
Caixa Sextavada	EletoBrasil	7	Dias úteis	10,77%	53,85%	A
Mangueira/Eletroduto corrugado amarela ¾	Coelma	4	Dias úteis	6,15%	60,00%	A
Mangueira/Eletroduto corrugado laranja ¾	Coelma	4	Dias úteis	6,15%	66,15%	A
Mangueira/Eletroduto corrugado laranja 1"	Coelma	4	Dias úteis	6,15%	72,31%	A
Mangueira/Eletroduto corrugado amarela 1"	Coelma	4	Dias úteis	6,15%	78,46%	A
Mangueira/Eletroduto corrugado preta 50mt 1 ½	Coelma	4	Dias úteis	6,15%	84,62%	B
Mangueira/Eletroduto corrugado amarela ½	Coelma	4	Dias úteis	6,15%	90,77%	B
Pino Hilti X-C 24 B3 MX	Hilti	2	Dias úteis	3,08%	93,85%	B

Produto	Empresa	Tempo de entrega	Unidade	% individual	% acumulada	Classificação
Abraçadeira Hilti	Hilti	2	Dias úteis	3,08%	96,92%	C
Arruela X-CW S23 200 un.	Hilti	2	Dias úteis	3,08%	100,00%	C
	Soma:	65				

Fonte: Autor (2019)

E para demonstração gráfica da curva ABC, o gráfico 3, que mostra a curva ABC.

Gráfico 3 – Curva ABC Lead Time



Fonte: Autor (2019)

Assim como os outros tópicos foi analisado a proporção de materiais presentes em cada classificação da curva ABC, representados na Tabela 15.

Tabela 15 – Proporção de valores por categoria (Lead Time)

Classe	Proporção de valores
A	78,46%
B	15,38%
C	6,15%

Fonte: Autor (2019)

4.7. Super Decisions

Como os julgamentos de três dos quatro tópicos foram calculados diretos com a ajuda da curva ABC, só restou um tópico, importância para o funcionamento da obra, para ser julgado par a par de acordo com a escala de Saaty. O levantamento dos julgamentos de cada alternativa

foi feito pela discussão entre o engenheiro responsável da obra, mestre de obras e os conhecimentos do almoxarife. Esse julgamento se deu por meio de um questionário semelhante ao representado parcialmente na Tabela 16.

Tabela 16 – Julgamentos par a par

Qual material tem mais importância para manter o funcionando da obra

Caixa 2x4 (alvenaria)	9,5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9,5	Caixa 4x4 (alvenaria)
Caixa 2x4 (alvenaria)	9,5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9,5	Pino Hilti
Caixa 2x4 (alvenaria)	9,5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9,5	Abraçadeira Hilti
Caixa 2x4 (alvenaria)	9,5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9,5	Mangueira/Eletroduto corrugado amarela 3/4
Caixa 2x4 (alvenaria)	9,5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9,5	Mangueira/Eletroduto corrugado laranja 3/4
Caixa 2x4 (alvenaria)	9,5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9,5	Mangueira/Eletroduto corrugado laranja 1"
Caixa 2x4 (alvenaria)	9,5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9,5	Mangueira/Eletroduto corrugado amarela 1"
Caixa 2x4 (alvenaria)	9,5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9,5	Abraçadeira Nylon preta 200x2,5m

Fonte: Autor (2019)

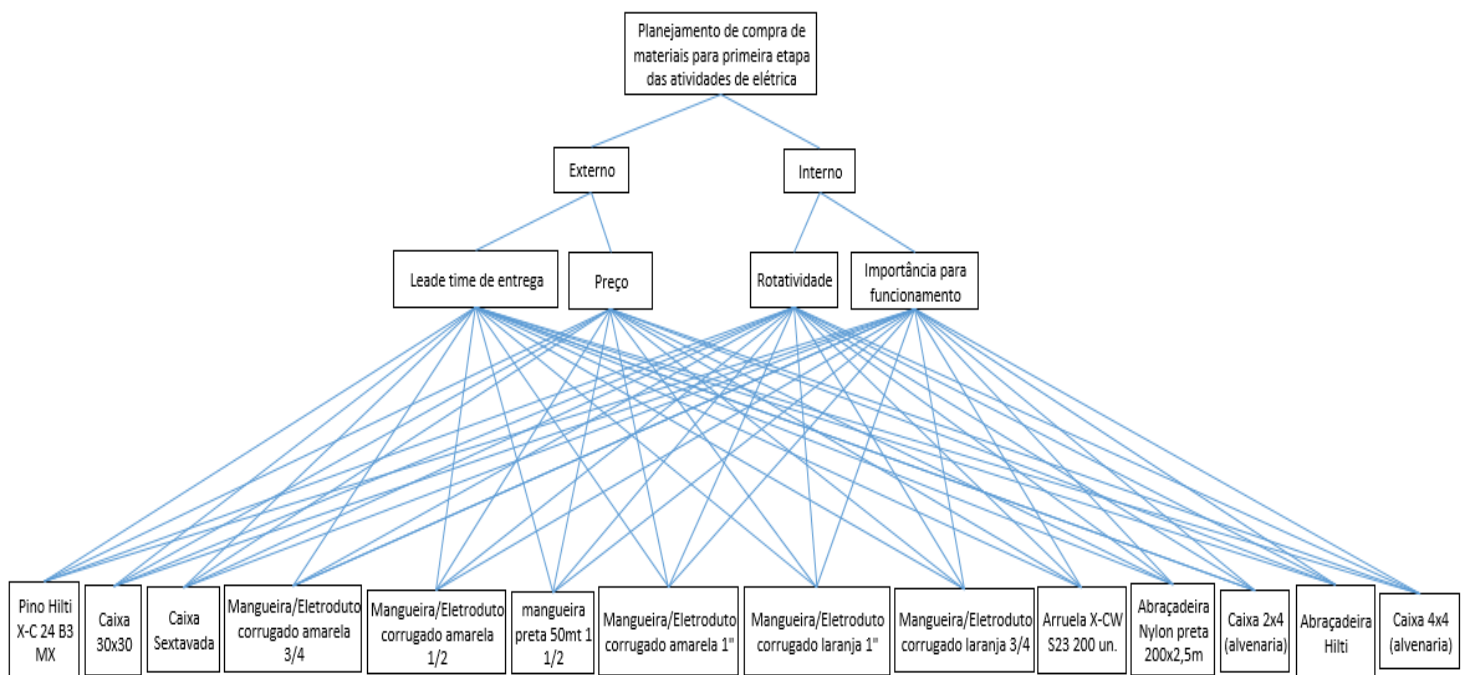
4.8. Implementação do método AHP

Com os dados apresentados anteriormente foi perceptível que não havia controle algum do estoque de materiais das atividades de elétrica da obra, por isso os pedidos eram feitos quando sentia-se a falta do material em questão e isso parava a atividade. Os métodos multicritério foram implementados como recurso para apoio a tomada de decisões futuras quanto a reposição desses materiais tanto para essa obra quanto para servir de base em outras obras da empresa. Para implementação do método AHP foram adotados os passos de acordo com Saaty (2008) e foi feito com o suporte do engenheiro responsável pela obra e o mestre de obras nas fases hierarquização e de julgamentos. A fase de aplicação começa com a definição do objetivo principal, para isso foi analisada a situação atual do estoque da obra como já mostrado no tópico 3.1.4 e com a ajuda dos registros feitos dos tópicos 4.1 e 4.2 em conjunto

com o teste de acuracidade presente no tópico 4.3, foi definido que a empresa precisava de algum tipo de planejamento de suas compras e como o processo analisado era sobre as atividades iniciais de elétrica, o objetivo principal do método foi tido como “Planejamento de compra de materiais para primeira etapa das atividades de elétrica”.

Para o próximo passo de estruturar a hierarquia de decisão de cima para baixo em níveis, foram determinados os critérios e subcritérios que deveriam ser levados em consideração já que esses afetariam as futuras decisões e as alternativas analisadas que nesse caso são os materiais utilizados. Os critérios foram separados como externos a obra e internos do processo, sendo esses separados em subcritérios. Os subcritérios escolhidos para o tópico externos a obra foram o lead time de entrega que as empresas escolhidas pela empresa dão como prazo e o preço unitário de cada material. Para o tópico interno ao processo foram escolhidos os subcritérios a rotatividade dos materiais baseados na quantidade utilizada por pavimento tipo e a importância do material para o funcionamento da obra, ou seja, qual a significância da falta de determinado material para as atividades que ele está relacionado quando se pensa em paradas não previstas no decorrer dos processos. Para melhor demonstrar a hierarquização feita e como os níveis se interligam, a Figura 2 representa uma árvore hierárquica.

Figura 2 – Árvore hierárquica



Fonte: Autor (2019)

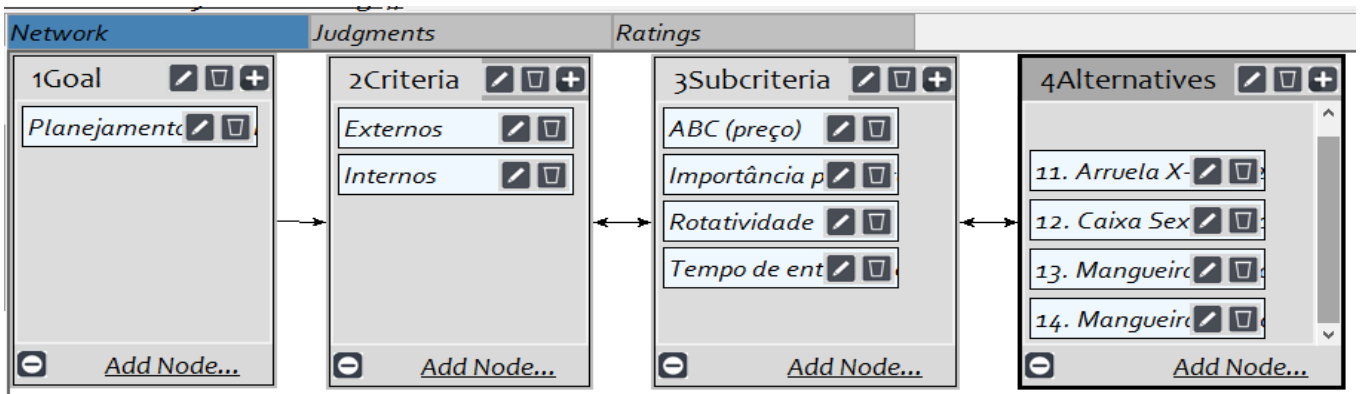
Após a seleção e hierarquização dos critérios, subcritérios e alternativas é necessário construir um conjunto de matrizes de comparação par a par, o número de comparações por

subcritério necessárias para esse estudo será de 91, levando em consideração a expressão (1). Para esses julgamentos e os próximos passos do método, foi utilizado o software *Super Decisions* versão 3.2 e a implementação e os resultados serão discutidos nos tópicos a seguir.

Após feitos os julgamentos, os resultados foram lançados no software *Super Decision* versão 3.2 para serem sintetizados e calculadas as prioridades locais e globais assim como o grau de inconsistência relativas a cada julgamento.

Dentro do software, o primeiro passo foi criar os *clusters* objetivo principal (*goal*), critérios (*criteria*), subcritério (*subcriteria*) e alternativas (*alternative*) e, em seguida, preenche-los com seus respectivos nós (*nodes*), representados na Figura 3 para melhor visualização.

Figura 3 – Hierarquização dentro do software

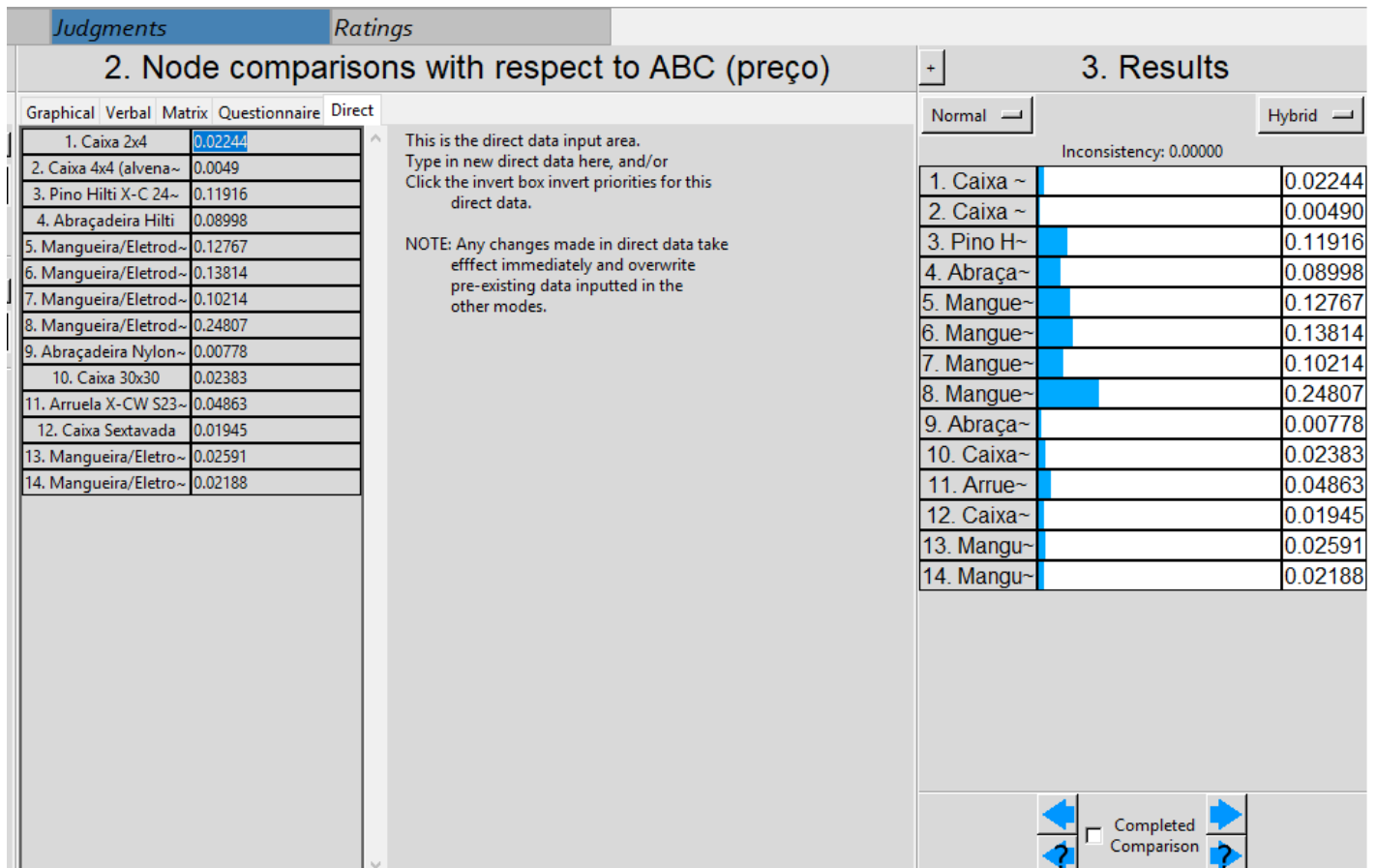


Fonte: Autor (2019)

Feito isso é preciso fazer as ligações para os respectivos julgamentos. Tais ligações já estão representadas no software na Figura 3 por setas pretas, porém são melhor representadas na Figura 2 por linhas azuis.

O próximo passo foi registrar os julgamentos dentro do software. Para os julgamentos obtido pela curva ABC, o registro foi feito de forma direta, registrando as porcentagens individuais resultantes do método como os pesos diretos de julgamento. A figura 4 representa a pagina do software onde esses pesos foram registrados assim como os mostra de forma gráfica e registra o cálculo automático do índice de inconsistência dos julgamentos. Como esses resultados foram obtidos com a ajuda de outro método matemático, o índice de inconsistência é zero, mostrando assim que os julgamentos feitos são válidos.

Figura 4 – Julgamentos diretos



Fonte: Autor (2019)

Já para os julgamentos indiretos, os pesos obtidos a partir do questionário apresentado na Tabela 16 foram registrados um a um e os mesmos resultados obtidos acima foram também encontrados e estão representados na Figura 5. Neste caso o índice de inconsistência sofreu uma variação, isso se dá porque os julgamentos foram feitos a partir do conhecimento e opinião dos envolvidos e isso está sujeito a erros, porém, o índice foi de 0,09211 e portanto está abaixo de 0,1 considerado consistente e válido.

Figura 5 – Julgamentos diretos

The screenshot displays a software interface for direct judgments. The main window is divided into two panes: "2. Node comparisons with respect to Importância para exe~" and "3. Results".

2. Node comparisons with respect to Importância para exe~

Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct

Comparisons wrt "Importância para execução" node in "4Alternatives" cluster

1. Caixa 2x4 is equally to moderately more important than 14. Mangueira/Eletroduto corrugad

1.	1. Caixa 2x4	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	2. Caixa 4x4~
2.	1. Caixa 2x4	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	3. Pino Hilt~
3.	1. Caixa 2x4	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	4. Abraçadei~
4.	1. Caixa 2x4	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	5. Mangueira~
5.	1. Caixa 2x4	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	6. Mangueira~
6.	1. Caixa 2x4	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	7. Mangueira~
7.	1. Caixa 2x4	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	8. Mangueira~
8.	1. Caixa 2x4	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	9. Abraçadei~
9.	1. Caixa 2x4	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	10. Caixa 30~
10.	1. Caixa 2x4	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	11. Arruela ~
11.	1. Caixa 2x4	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	12. Caixa Se~
12.	1. Caixa 2x4	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	13. Mangueir~
13.	1. Caixa 2x4	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	14. Mangueir~
14.	2. Caixa 4x4~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	3. Pino Hilt~
15.	2. Caixa 4x4~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	4. Abraçadei~
16.	2. Caixa 4x4~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	5. Mangueira~
17.	2. Caixa 4x4~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	6. Mangueira~
18.	2. Caixa 4x4~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	7. Mangueira~

3. Results

Normal Hybrid

Inconsistency: 0.09211

1. Caixa ~	0.17205
2. Caixa ~	0.10988
3. Pino H~	0.02020
4. Abraça~	0.01830
5. Mangue~	0.19493
6. Mangue~	0.09701
7. Mangue~	0.07105
8. Mangue~	0.10315
9. Abraça~	0.02519
10. Caixa~	0.03213
11. Arrue~	0.01641
12. Caixa~	0.04789
13. Mangu~	0.02754
14. Mangu~	0.06427

Completed Comparison

Fonte: Autor (2019)

5. Resultados

Após ter os julgamentos (diretos e indiretos) registrados no software foi possível sintetizar os dados e assim obter as prioridades globais de cada material e formar com elas um ranking que nos mostra quais materiais tem maior prioridade, ou seja, são de maior importância para a obra levando em consideração todos os critérios pré selecionados. Esses materiais teriam, então, maior impacto sobre a obra e por isso precisam de uma programação de compra mais assertiva ou teriam prioridade e fariam maior diferença para os processos de elétrica caso falte. A Tabela 17 mostra esse ranking do material com maior prioridade para o menor.

Tabela 17 – Ranking de prioridade

Ranking de Prioridade

Produto	Prioridade global
Mangueira/Eletroduto corrugado amarela $\frac{3}{4}$	0,127786
Mangueira/Eletroduto corrugado amarela 1"	0,116391
Pino Hilti X-C 24 B3 MX	0,104772
Mangueira/Eletroduto corrugado laranja $\frac{3}{4}$	0,099739
Mangueira/Eletroduto corrugado laranja 1"	0,071884
Caixa 2x4 (alvenaria)	0,071298
Abraçadeira Hilti	0,066092
Abraçadeira Nylon preta 200x2,5m	0,061364
Caixa 4x4 (alvenaria)	0,057954
Caixa Sextavada	0,049802
Arruela X-CW S23 200 un.	0,0491
Caixa 30x30	0,044113
Mangueira/Eletroduto corrugado preta 50mt $1\frac{1}{2}$	0,04394
Mangueira/Eletroduto corrugado amarela $\frac{1}{2}$	0,035765

Fonte: Autor (2019)

4.1. Considerações sobre os resultados

Tendo em vista o ranking apresentado na Tabela 17, é possível ver que a Mangueira/Eletroduto corrugado amarela $\frac{3}{4}$ é o material que precisa ter maior prioridade na compra. Esse resultado é esperado já que dentre todos os materiais as mangueiras/eletrodutos está em segundo na classificação da curva ABC apresentada anteriormente e entre todas as mangueiras essa é a que possui maior índice de rotatividade então, conseqüentemente, está presente em maior volume no estoque da obra o que afeta o planejamento de *layout* do mesmo e por isso tem que ser levada em consideração sua programação de recebimento na obra. Além disso ela está presente em todos os grupos de “risco” (classificação A) dos três critérios analisados nas curvas ABC.

Já em segundo lugar, temos a Mangueira/Eletroduto corrugado amarela 1 que tem o maior preço unitário entre todos os materiais e também está presente no grupo de risco da curva ABC com relação ao tempo de entrega e preço e no grupo de atenção (classificação B) na curva com relação a rotatividade e, por isso se torna a mais relevante na hora da compra quando se fala em custos. Neste caso se apenas a curva ABC com relação ao preço fosse levada em consideração este material teria maior importância que a Mangueira/Eletroduto corrugado amarela $\frac{3}{4}$, primeiro lugar citado acima e que tem a rotatividade presente no grupo risco, isso

poderia levar a um possível erro de prioridade caso houvesse uma situação de urgência na obra e os dois materiais entrassem em conflito para qual compra ser priorizada.

Completando o ranking, em terceiro lugar, temos o Pino Hilti X-C 24 B3 MX. Este material foi o motivo do início das análises sobre o estoque desta obra por ser um material novo, nunca usado pela empresa, para um processo também novo para melhorar tempo e qualidade na hora de chumbar as caixinhas de teto na alvenaria. Como pode ser observado nas tabelas apresentadas no tópico de curva ABC para rotatividade, esse material tem disparado a maior rotatividade, presente no grupo de “risco” (classificação A). Portanto, já era esperado tê-lo entre os primeiros no ranking de prioridade. Apesar de não ter preço unitário elevado, ele está no grupo de “risco” (classificação A) na curva em relação a preço pois sua rotatividade o torna caro quando consideramos seu custo ao final da obra. Neste caso se apenas a curva de preço unitário, geralmente a tida como mais importante, fosse levada em consideração este produto apresentaria maior prioridade em relação aos dois itens citados acima porém o lead time de entrega dos fornecedores desses itens estão no grupo de risco enquanto o do Pino Hilti X-C 24 B3 MX não, isso poderia levar a um erro na hora do planejamento de entregas dos produtos.

Este tipo de análise pode ser feito para todos os materiais restantes em qualquer tipo de situação de decisão que a obra se depare.

6. Conclusão

A metodologia proposta neste trabalho serve como uma ferramenta de Auxílio à Decisão, na qual busca-se facilitar a atuação dos gestores com relação a compra e programação de estoque de materiais no canteiro de obras. Entretanto, não se elimina a figura do engenheiro responsável/mestre de obras na hora de tomar qualquer decisão para essa atividade e sim, o utiliza como fonte de informação para a emissão dos julgamentos de valor e construção das hierarquias.

O ranking gerado no final da implementação do método AHP garantiu a priorização de materiais para hora de compra e reposição do estoque visto que o objetivo principal escolhido para a obra era conseguir ter dados para se basear na hora de planejar as compras, portanto, método contribuiu para qualidade na tomada de decisão.

Os resultados obtidos levaram, além de nos dar a relação de importância de cada material para obra, à reflexão e à discussão sobre o levantamento e contribuição de cada critério considerado e como cada um deles interfere no planejamento do estoque para o canteiro de obra permitindo a todos os envolvidos no processo um entendimento comum e maior consistência nesse planejamento.

O uso da curva ABC como julgamento fez o processo de implementação do método AHP ter menor índice de inconsistência possível. Além disso, a incorporação das preferências dos tomadores de decisão com relação a importância dos materiais para manter o funcionamento da obra no modelo aumentou a credibilidade dos resultados com um modelo de decisão mais consistente e eficaz.

Com as análises apresentados fica evidente que o uso do método AHP apresenta maior credibilidade que o uso somente da curva ABC, trazendo resultados que englobam mais critérios decisivos ao mesmo tempo e assim gerando menos conflitos nas decisões a serem tomadas.

7. Referências

- ABRAMCZUK, André A. **A prática da tomada de decisão**. São Paulo: Atlas, 2009.
- ARNOLD, T. J. R. **Administração de Materiais: uma Introdução**. São Paulo: Atlas, 1999.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724: Informação e documentação – Trabalhos acadêmicos – Apresentação**. Rio de Janeiro, 2001. 6 p.
- ALVES, J. R. X. et ALVES, J. M. (2015), **Definição de localidade para instalação industrial com o apoio do método de análise hierárquica (AHP)**, Production, Vol.25 No.1, pp.13-26.
- BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- COHEN, M. & ERNST, F. **Multi-item classification and generic inventory stock control policies**. *Production and Inventory Management Journal*, 1988.
- DAVIS, G. B. OLSON, M. H. **Management information systems: Conceptual foundations, structure and development**. New York, McGraw-Hill, 1985.
- DESLAURIERS J. P. **Recherche Qualitative**. Montreal: McGraw Hill, 1991.
- EISENHARDT, K.M. (1989) **Building theories form case study research**. *Academy of Management Review*. New York, New York, v. 14 n. 4
- FAVARETTO, F.; DROHOMERETSKI, E. **Análise de problemas no controle de estoque decorrentes de erros nos registros de saída**. In: SIMPOI - XIV SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 2011, São Paulo. Anais... São Paulo, 2011.
- FREITAS, H.; KLADIS, C. M. **O processo decisório: modelos e dificuldades**. Revista Decidir, Rio de Janeiro, ano II, n. 8, mar. 1995.
- GARCIA, Eduardo *et al.* **Gestão de estoque: Otimizando a logística e a cadeia de suprimentos**. 1. ed. rev. Rio de Janeiro: E-papers, 2006. 144 p. v. 1. ISBN 85-7650-050-7.

- GIL, ANTONIO CARLOS. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2007. 175 p.
- GOMES, L. F. A. M., GOMES, C. F. S., & ALMEIDA, A. T. (2002). **Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério**. São Paulo: Atlas.
- GOMES, L. F. A. M., ARAYA, M. C. G. et CARIGNANO C. (2004), **Tomada de Decisões em Cenários Complexos**, Tradução de Marcela Cecilia González Araya, Pioneira Thomson Learning, São Paulo, SP.
- GUVENIR, H.A. & EREL, E. **Multicriteria inventory classification using a genetic algorithm**. *European Journal of Operational Research*, 1998.
- HOMAIID, N.T.I. (2002). **A comparative evaluation of construction and manufacturing materials management**. *International Journal of Project Management*. Volume 20, Issue 4, May 2002, Pages 263-270.
- LEFEHLID, N.A.S.; BARROS, A.J.P. **Projeto de pesquisa: propostas metodológicas**. Petrópolis/RJ: Vozes, 1991.
- MILLER, G.A. (1956), **The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information**, *Psychological review*, Vol.63 No.2, pp.81-97,
- SAATY, T.L. (1990), **How to make a decision: The analytic hierarchy process**, *European Journal of Operational Research*, Vol.48 No.1, pp.9-26.
- SAATY, T. L. **Relative measurement and its generalization in decision making: why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement of intangible factors – the analytic hierarchy/network process**. *Revista Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, v. 102, n. 2, 251-318, 2008.
- SHIMIZU, T. **Decisão nas organizações: introdução aos problemas de decisão encontrados nas organizações e nos sistemas de apoio à decisão**. São Paulo: Atlas, 2001.
- SHIMIZU, T. **Decisão nas Organizações**. 2 ed., Atlas, São Paulo, SP, 2006.
- SHIN, Y.B., LEE, S., SHUN, S.G. et CHUNG, D. (2013), **A critical review of popular multi-criteria decision making methodologies**, *Issues in Information Systems*, Vol.14 No.1, pp.358-365,
- SZAJUBOK, N. **Uso do método multicritério ELECTRE TRI para classificação de estoques na construção civil**. Orientador: Adiel Teixeira de Almeida. 2004. Dissertação (Mestre) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.
- TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

VARGAS, R.V. (2010), **Utilizando a programação multicritério (Analytic Hierarchy Process – AHP) para selecionar e priorizar projetos na gestão de portfólio**, em PMI Global Congress – América do Norte, 2010, Washington – EUA.

VENDRAME, F. C. **Administração de Recursos Materiais e Patrimoniais**, 2008. Apostila da Disciplina de Administração, Faculdades Salesianas de Lins.

VIANA, JOÃO JOSÉ. **Administração de materiais: um enfoque prático**. 1. ed. 14. reimpr. São Paulo: Atlas, 2011.

XU,L. YANG,J.B. **Introduction to Multi-Criteria Decision Making and the Evidential Reasoning Approach**. University of Manchester Institute of Science and Technology, Working Paper, n.0106, Maio, 2001.

YIN, R.K. (2009) **Case study research, design and methods (applied social research methods)**. Thousand Oaks. California: Sage Publications.