



XXXI Congresso Brasileiro de Custos
20, 21 e 22 de novembro de 2024
- São Paulo / SP -



PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OPERAÇÕES PARA O SETOR DE ENERGIA EÓLICA - UM ESTUDO DE CASO

Camila Carla Gomes Araújo (UFRN) - cacamila338@gmail.com

Adriane Chaves Lima Montenegro (UFRN) - adrianeprojetista@gmail.com

Laís Pereira de Oliveira (UFRN) - laisoliveira.med@gmail.com

Thalles Magno Freire de Souza (UFRN) - thallesmfs2014@gmail.com

Mariana Rodrigues de Almeida (UFRN) - almeidamariana@yahoo.com

Resumo:

O Brasil, reconhecido por ter uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo, ocupa a quinta posição global em sustentabilidade energética, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). Com 83% das usinas operando com fontes renováveis, o país impulsiona o crescimento de empresas focadas em soluções sustentáveis. Contudo, a gestão da cadeia de suprimentos na indústria de energia eólica enfrenta desafios na formulação de estratégias eficazes de compras. Este estudo avaliou o planejamento e controle das operações de suprimentos para maximizar a eficiência do processo de compras, aplicando metodologias como Pull Planning e 6M. A pesquisa comprovou a eficácia dessas abordagens na otimização de recursos e redução de custos. No primeiro ano de implementação, foram realizadas 557 operações de transferência, movimentando R\$ 17.494.068,89, com uma média de R\$ 1,5 milhão por mês, sem necessidade de dispêndio financeiro adicional. A adoção dessas metodologias promoveu a sincronia entre cronogramas e necessidades, evitando excessos e escassez de materiais. O uso de indicadores de desempenho permitiu ajustes em tempo real, aprimorando a comunicação entre equipes e a tomada de decisões. A integração do setor de transferências na área de suprimentos otimizou a gestão de projetos em múltiplas obras. O estudo concluiu que as metodologias Pull Planning e 6M foram essenciais para aumentar a eficiência operacional e a competitividade no setor de energia eólica. Para trabalhos futuros, recomenda-se a adoção de tecnologias emergentes, como IA e Machine Learning, para otimizar a gestão de recursos e processos decisórios.

Palavras-chave: *Cadeia de Suprimentos, Sistema de Planejamento, Fornecimento Estratégico, Indústria de Energia Eólica*

Área temática: *Custos como ferramenta para o planejamento, controle e apoio a decisões*

PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OPERAÇÕES PARA O SETOR DE ENERGIA EÓLICA – UM ESTUDO DE CASO

RESUMO

O Brasil, reconhecido por ter uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo, ocupa a quinta posição global em sustentabilidade energética, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). Com 83% das usinas operando com fontes renováveis, o país impulsiona o crescimento de empresas focadas em soluções sustentáveis. Contudo, a gestão da cadeia de suprimentos na indústria de energia eólica enfrenta desafios na formulação de estratégias eficazes de compras. Este estudo avaliou o planejamento e controle das operações de suprimentos para maximizar a eficiência do processo de compras, aplicando metodologias como *Pull Planning* e 6M. A pesquisa comprovou a eficácia dessas abordagens na otimização de recursos e redução de custos. No primeiro ano de implementação, foram realizadas 557 operações de transferência, movimentando R\$ 17.494.068,89, com uma média de R\$ 1,5 milhão por mês, sem necessidade de dispêndio financeiro adicional. A adoção dessas metodologias promoveu a sincronia entre cronogramas e necessidades, evitando excessos e escassez de materiais. O uso de indicadores de desempenho permitiu ajustes em tempo real, aprimorando a comunicação entre equipes e a tomada de decisões. A integração do setor de transferências na área de suprimentos otimizou a gestão de projetos em múltiplas obras. O estudo concluiu que as metodologias *Pull Planning* e 6M foram essenciais para aumentar a eficiência operacional e a competitividade no setor de energia eólica. Para trabalhos futuros, recomenda-se a adoção de tecnologias emergentes, como IA e *Machine Learning*, para otimizar a gestão de recursos e processos decisórios.

Palavras-chave: Cadeia de Suprimentos. Sistema de Planejamento. Fornecimento Estratégico. Indústria de Energia Eólica.

Área Temática: Custos como ferramenta para o planejamento, controle e apoio à decisão.

1 INTRODUÇÃO

A indústria de Construção, especialmente no âmbito de energias renováveis, passou por transformações significativas na última década, impulsionada pela crescente competitividade da matriz energética. Entender os recursos energéticos e suas limitações, estão intimamente conectados à crescente oferta de energias nos últimos anos. Em busca de novos sistemas de planejamento e controle de produção, tendo uma maior ênfase nos projetos que visam melhorar o desempenho do setor, um bom planejamento consiste no controle eficiente de produção de uma obra, objetivando o cumprimento de qualidade e dos custos. (WELLISCH *et al.*, 2010) (DONG; QUAN; JIANG, 2018).

A gestão de cadeia de suprimentos possui suas complexidades, não somente na estrutura, como também no mundo dos negócios, avaliar, calcular e melhorar a eficiência geral da cadeia de suprimentos tem sido um grande desafio (ATASEVEN; NAIR, 2017).

Neste processo de tomada de decisão, a busca por alternativas que auxiliem neste cenário é um processo chave na diferenciação estratégica e no aprimoramento

da gestão da cadeia de suprimentos (LI; H; ZHANG, 2012).

Com a visão holística de todo o processo da cadeia de abastecimento, as funções de compras permeiam da avaliação dos fornecedores, negociação, seleção, análises e a efetiva compras avaliação de desempenho e outras atividades de construção de relacionamento que podem ajudar a organização a desenvolver e adquirir bens e serviços necessários de forma melhor, mais rápida e com menor custo (HATAMI-MARBINI; HEKMAT; AGRELL, 2022).

Para mitigar restrições não sanadas pelo tempo, uma temática são as compras emergenciais na perspectiva da gestão de obras.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Setor de Energia Eólica

O setor de energia eólica tem se destacado como uma das principais alternativas para a transição energética global. De acordo com a Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA), a capacidade instalada de energia eólica superou globalmente os 743 GW em 2023, representando cerca de 7% da demanda mundial de eletricidade. Esse crescimento é impulsionado pela necessidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa e pela busca por fontes de energia mais sustentáveis.

Já intrínseco ao cenário brasileiro, a energia eólica tem sido mostrada como uma solução particularmente viável devido às condições naturais adequadas, especialmente na região Nordeste. O Brasil é atualmente o segundo maior mercado de energia eólica na América Latina, com uma capacidade instalada de 23,5 GW em 2023, o que representa cerca de 12% da matriz elétrica nacional (ANEEL, 2023). Além disso, a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica) projeta que a capacidade instalada no país pode chegar a 40 GW até 2030, contribuindo significativamente para a diversificação da matriz energética e para a segurança energética nacional.

Além disso, ainda segundo a ANEEL, o Brasil é reconhecido como um dos países com a matriz energética mais limpa do mundo, ocupando a quinta posição em sustentabilidade energética segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). Atualmente, 83% das usinas em operação utilizam fontes de energia consideradas sustentáveis.

A expansão do setor também tem implicações econômicas e sociais relevantes, como a geração de empregos e o desenvolvimento regional. Estudos indicam que a indústria eólica pode criar até 1,2 milhões de empregos diretos e indiretos globalmente até 2030, especialmente em países em desenvolvimento que estão investindo na expansão de sua infraestrutura de energia renovável (GWEC, 2023). Desta forma, a energia eólica não contribui apenas para a mitigação das mudanças climáticas, mas também para o desenvolvimento econômico-social.

2.2 Gestão da Cadeia de Suprimentos em Grandes Projetos de Engenharia

A gestão da cadeia de suprimentos (*Supply Chain Management* - SCM) para Mangan *et al.* 2020, em grandes projetos de engenharia, como aqueles envolvidos no setor de energia eólica, é uma área crítica que impacta diretamente o sucesso ou o fracasso das iniciativas. No contexto de projetos de grande porte, a SCM envolve o planejamento, execução e controle das atividades de fornecimento para garantir a disponibilidade de materiais e serviços no momento certo, com a qualidade necessária

e um custo adequado.

Nesse cenário, segundo Christopher (2022), a gestão da cadeia de suprimentos deve ser vista como uma função estratégica, sendo fundamental para a competitividade das empresas em um mercado globalizado, especialmente em setores altamente complexos como o de energias renováveis.

Os desafios enfrentados na SCM para grandes projetos de engenharia incluem, entre outros, a necessidade de uma comunicação eficaz entre os diferentes atores da cadeia, como fornecedores, empreiteiros e gestores de projeto. A falta de alinhamento entre esses agentes pode resultar em atrasos, falhas na entrega de materiais e até mesmo em custos adicionais desnecessários. Para Fleury (2002, p.3) a integração entre os sistemas de planejamento e as operações de compra é essencial para garantir que os recursos estejam disponíveis conforme o cronograma das atividades previstas. A sincronização eficiente desses sistemas permite que as empresas evitem estoques excessivos ou insuficientes, o que é particularmente crucial em projetos de grande escala, onde as margens de erro são reduzidas.

Conforme Marques *et al.* (2021) no setor de energia eólica, a complexidade da cadeia de suprimentos é ainda mais acentuada devido à natureza dos materiais e equipamentos necessários, que muitas vezes envolvem componentes de alta tecnologia e logística complexa. A gestão eficaz da cadeia de suprimentos em projetos de energia eólica exige uma coordenação estreita entre os fornecedores de materiais e os gestores de projeto para assegurar que os insumos sejam entregues no momento certo e com a qualidade especificada. A formulação de estratégias eficazes no processo de compras é fundamental para o sucesso desses projetos, garantindo que as empresas possam atender à crescente demanda por energia renovável sem comprometer o cronograma ou o orçamento.

2.3 Gestão de Compras Estratégico

A gestão estratégica de compras é compreendida como o processo de planejamento, seleção e administração de fornecedores com o objetivo de maximizar o valor para a organização, alinhando as aquisições aos objetivos corporativos e assegurando a sustentabilidade ao longo da cadeia de suprimentos, segundo Cooper e Ellram (1993). Diferente da abordagem tradicional, que se concentra principalmente em custos e transações, essa modalidade inclui a análise de mercados, o desenvolvimento de parcerias de longo prazo e a integração dos fornecedores nas operações da empresa (Chen, Paulraj & Lado, 2004).

A evolução da gestão de compras, de uma função meramente operacional para um papel estratégico, tornou-se crucial para o sucesso organizacional, especialmente em setores altamente competitivos e dinâmicos, como a indústria de energia. A crescente complexidade das cadeias de suprimentos globais e a necessidade de alinhar as aquisições aos objetivos estratégicos das empresas sublinham a importância desse enfoque estratégico (Lin *et al.*, 2005).

Dentro desse contexto, um dos modelos de gestão estratégica mais reconhecidos na literatura é a Matriz de Kraljic (1983), que classifica as compras em quatro categorias com base na complexidade do mercado de fornecimento e no impacto financeiro para a organização: itens estratégicos, alavancados, de gargalo e não críticos. Este modelo auxilia as empresas a priorizarem suas compras e a desenvolver estratégias específicas para cada categoria, como a formação de parcerias estratégicas para itens críticos ou a diversificação de fornecedores para itens de gargalo (Gelderman & Van, 2002).

Outro modelo relevante é o conceito de compras orientadas para o valor (*Value-*

Based Purchasing), que vai além do custo, considerando o valor total obtido a partir das compras, incluindo fatores como qualidade, inovação e sustentabilidade (Dumond, 1994). Este enfoque é particularmente importante em setores como a energia eólica, onde a qualidade e a confiabilidade dos componentes são cruciais para o sucesso dos projetos.

Nesse cenário, a ascensão da digitalização e a introdução de novas tecnologias estão transformando a gestão de compras. Ferramentas como *big data*, inteligência artificial e sistemas de *e-procurement* permitem uma análise de mercado mais profunda e em tempo real, melhorando a capacidade de previsão e tomada de decisões. Outrossim, essas tecnologias facilitam a automação de processos rotineiros, permitindo que as equipes de compras se concentrem em atividades mais estratégicas, como a gestão de relacionamentos com fornecedores e a inovação colaborativa (Arvidsson, Jonsson & Kaipia, 2021).

2.4 Metodologia 6M

A administração da qualidade abrange diversas metodologias e princípios que têm como objetivo otimizar o desempenho das organizações e garantir a satisfação dos clientes. O *Six Sigma*, uma das abordagens mais destacadas em gerenciamento de qualidade, foca na diminuição de falhas e na melhoria de processos através de uma metodologia fundamentada em dados, chamada DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar) (Yang *et al*, 2021).

A metodologia 6M consiste em um modelo de gestão que abrange seis componentes essenciais: Material, Método, Homem, Máquina, Dinheiro e Mercado. Este método foi desenvolvido com o objetivo de aprimorar a eficiência e a eficácia nas operações das organizações, especialmente nas micro, pequenas e médias empresas (MPMEs). Diferente de outras abordagens, como o *Six Sigma*, que foca na melhoria da qualidade através de análises estatísticas e na resolução estruturada de problemas (DMAIC), a metodologia 6M oferece uma visão mais abrangente sobre a gestão de recursos e a estratégia operacional (Arhas e Supriano, 2019).

6M	DESCRIÇÃO
MÉTODO	Procedimentos, manuais, instruções de trabalho
MATÉRIA PRIMA	Especificações, fornecedores, toxicidade
MÃO DE OBRA	Treinamento, motivação, habilidades
MÁQUINAS	Manutenção, proteções, condições inseguras
MEDIÇÃO	Verificação, instrumentos
MEIO AMBIENTE	Relações interpessoais, clima, sujeira

Figura 1. 6 M's

Fonte: Sabino (2015).

Essa conexão entre setores é essencial para compreender o projeto em sua totalidade, possibilitando que os gerentes reconheçam não apenas os desafios, mas também as oportunidades de colaboração entre os diversos elementos do projeto.

A aplicação da metodologia dos 6Ms no setor de compras de energia eólica permite uma abordagem sistemática para a gestão de recursos e processos, contribuindo para a eficiência operacional e a sustentabilidade dos projetos. Com o crescimento contínuo da energia eólica no Brasil, a implementação eficaz dessa metodologia dos 6M se torna uma ferramenta para o sucesso de projetos contribuindo

na disseminação da tecnologia e viabilidade de projetos para expansão no setor. Ao adotar essa perspectiva, à medida que as organizações se adaptam mais rapidamente às mudanças e inovações, maior será a eficiência e eficácia no alcance de seus objetivos para o setor.

2.5 Planejamento e Controle de Operações - *Pull planning*

O *Pull Planning* é uma abordagem de construção enxuta que prioriza o planejamento na ordem reversa, começando pela meta final do projeto e avançando de trás para frente. Isso assegura que todas as tarefas necessárias sejam devidamente identificadas e organizadas. Essa técnica foi criada na comunidade *Lean Construction*, especialmente por Gregory Howell e outros, com o intuito de aprimorar a eficiência na gestão de projetos (Cynthia, Tsao, Gregory, 2022)

Recomenda-se a utilização de técnicas de *pull planning*, ou planejamento puxado, que consiste em planejar a partir de uma data de conclusão definida, retrocedendo para identificar as atividades, suas interdependências e durações necessárias para finalizar as entregas. Esse método também considera potenciais variabilidades e incertezas em cada etapa do processo.

Normalmente, o *Pull Planning* é realizado com um horizonte de três meses e revisitado a cada 45 dias, com o objetivo de atualizar o Cronograma Gerencial e aumentar a precisão no planejamento de médio prazo. Após a programação das fases e a execução do *pull planning* em conjunto com toda a equipe, as atividades planejadas são organizadas dentro do processo de *lookahead* (Gutierrez, 2021; Pereira, 2022).

3 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

A escolha por aplicar o estudo na empresa C Engenharia LTDA, se deve pela oportunidade e aplicação de estratégias de gestão que envolve o setor de suprimentos, além do planejamento e controle de operações da cadeia de suprimentos para maximizar a eficiência do processo de planejamento de compras.

Com o enfoque na análise e planejamento, a pesquisa realizada se enquadra no modelo de Estudo de Caso, sendo uma pesquisa qualitativa e quantitativa, de caráter descritivo.

3.1 Resultados e Discussão

A C Engenharia LTDA é uma empresa familiar fundada em 1979, iniciou suas atividades com foco em projetos de telecomunicações. Em 2020, identificando novas demandas do mercado, a empresa especializou-se e redirecionou sua atuação para o segmento de engenharia no setor eólico, com ênfase em Redes de Média Tensão (RMT), abrangendo também obras eólicas e fotovoltaicas. Com mais de 5 mil projetos executados em mais de 30 parques eólicos e fotovoltaicos de geração centralizada, a empresa conta atualmente com um quadro de 1.500 colaboradores, distribuídos entre a sede e as obras nas regiões Nordeste, Sul e Sudeste do país.

Em 2024, a C Engenharia LTDA ampliou ainda mais sua atuação, entrando no segmento de construção de estações e redes de distribuição de energia elétrica. Nesse cenário de expansão, a área de suprimentos precisou ampliar suas operações para apoiar e acompanhar o crescimento das demais *squads* nas operações de *backoffice*, como, Administrativo, Logística, Financeiro, TI, Recursos Humanos e os setores demandantes Engenharia, Projetos, Sala Técnica e QSMS.

A Figura 02, a seguir, ilustra a aplicação do método de planejamento puxado do sistema *Last Planner*.

Início do pull planning: 26/08/2024										W 42				
TAREFA	PARQUE	LÍDER	A EXECUTAR	EXECUTADO	PROGRESSO	INÍCIO	TÉRMINO	26	27	28	29	30	31	
Lançamento aéreo														
Lançamento aéreo TRAV. SdS II	2	Ailton	80 unid	40m	50%	26/08/24	30/08/24							
Lançamento aéreo SdS VII	7	Ailton	1021 unid	100m	10%	30/08/24	01/09/24							
Lançamento de fibra óptica SdS III	3	Emanuel	2393 unid	200m	8%	27/08/24	29/08/24							
Lançamento de fibra óptica SdS IV	4	Emanuel	3779 unid	480m	13%	30/08/24	02/09/24							
Lançamento de fibra óptica SdS VII	7	Emanuel	6800 unid	0m	0%	03/09/24	10/09/24							
Lançamento de fibra óptica SdS II	2	Emanuel	5954 unid	0m	0%	03/09/24	10/09/24							
Acabamentos														

Figura 2. Pull Planning

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

O *pull planning* é uma abordagem que permite alinhar as necessidades de compras com o cronograma das atividades, garantindo que os materiais e serviços sejam adquiridos no momento certo, evitando excessos e faltas que podem comprometer a eficiência dos projetos. Neste contexto foi desenvolvido um portfólio com base em cada tipo de atuação e contrato de obras, projetos eólicos (RMT, Torres, Subestação, Fibra) e fotovoltaico conforme figura 03, nesta relação, indica a quantidade de materiais, tipo de estoque, *deadline* de entregas alinhado a cada fase do *pull planning* do projeto.

RELAÇÃO DE FERRAMENTAS PARA LANÇAMENTO DE CABOS AÉREOS										
ITEM	MATERIAL	UND	QUANT.	RESERVAS	TOTAL	1ª ENTREGA	2ª ENTREGA	3ª ENTREGA	4ª ENTREGA	
01	Talha manual de alavanca (capacidade 1.500 kgf) Fabricação Berg-Steel	und	15	5	20	8	4	4	4	4
02	Talha manual de alavanca (capacidade 750 kgf) Fabricação Berg-Steel	und	15	5	20	8	4	4	4	4
03	Conjunto de Aterramento Rápido e Temporário, para Linhas de Distribuição Aérea até 36kV - MT781	und	30	0	30	12	6	6	6	6
04	Grampo com roletes para aterramento de condutor	und	15	0	15	6	3	3	3	3
05	Cinta de elevação de carga de 1T x 2M x 30mm - Polifitema	und	10	0	10	4	2	2	2	2
06	Manilha de serviço galvanizada pino roscado 3/4" x 4,750kg	und	15	5	20	8	4	4	4	4
07	Detector de Tensão por aproximação - 220v a 36kV RITZ DMU-36/SB	und	5	0	5	2	1	1	1	1
08	Luva isolante de borracha classe de isolamento de 36 a 40kV com proteção de couro	par	5	0	5	2	1	1	1	1
09	Termômetro digital de máxima e mínima com sensor GPT2251	und	5	0	5	2	1	1	1	1
10	Vara de manobra seccionável com 07 elementos, cabeçote universal e bolsa para alojamento.	und	10	0	10	4	2	2	2	2
11	Dinamômetro com capacidade de 2000kg	und	5	0	5	2	1	1	1	1
12	Dinamômetro com capacidade de 3000kg	und	5	0	5	2	1	1	1	1
13	Carretilha para içamento de material capacidade 750kg	und	40	0	40	16	8	8	8	8
14	Tesourão para cortar cabos de aço 770mm	und	5	0	5	2	1	1	1	1
15	Garra para cordoalhas de aço (diâm. da cordoalha 3-10 mm; carga de trabalho 2000 kgf) - Referência de fabricante e modelo: Klein Tools 51.G02.C1	und	30	15	45	18	9	9	9	9
16	Esticador aberto para condutores (diâm. do condutor 13,50 - 23,00 mm) - Referência de fabricante e modelo: Klein Tools 51.E07.D5	und	15	5	20	8	4	4	4	4
17	Esticador aberto para condutores (diâm. do condutor 25,00 - 28,00 mm) - Referência de fabricante e modelo: Klein Tools 51.E07.D6	und	15	5	20	8	4	4	4	4
18	Destorcedor para cabo capacidade de 3000kg	und	15	5	20	8	4	4	4	4
19	Cavelete porta bobina	und	15	0	15	6	3	3	3	3
20	Bandola	und	200	0	200	80	40	40	40	40
21	Bolsa para montador	und	40	5	45	18	9	9	9	9
22	Kit de resgate em altura	und	5	0	5	2	1	1	1	1
23	TRAVA-QUEDAS	und	5	0	5	2	1	1	1	1
24	TALABARTE COM CORDA POSICIONAMENTO	und	5	0	5	2	1	1	1	1
25	CINTO SEGURANÇA TIPO PARAQUEDISTA 5 PONTOS	und	5	0	5	2	1	1	1	1
26	MOSSOIFITÃO	und	15	0	15	6	3	3	3	3

Figura 3. Relação de compras por projeto

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

A aplicação do método 6M, abrangendo homem, máquina, material, método, medição e natureza aliadas ao planejamento e execução das operações do setor de suprimentos, evidenciou ser um recurso indispensável para otimização da gestão e redução de custos operacionais. Esse processo é ilustrado na Figura 4.

O método 6M, com base no planejamento puxado e na compreensão de cada etapa prevista, permite a previsão e antecipação de restrições e riscos inerentes ao processo, além de fortalecer o compromisso entre as partes interessadas através de alinhamentos mensais e relatórios de ações semanais, favorecendo agilidade no

processo de mobilização e planejamento.

REUNIO 6M - DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO										FIC 1.1 - 01	
										REV. 02	
										DATA: 10.10.2023	
OBJETO:		PPF		FISCALIZAÇÃO:		Esta		PRODUÇÃO		ENGENHARIA	
CLIENTE:		AMB		DATA DE ANÁLISE:		10/05/2024		SERVIÇOS		SUPRIMENTOS	
SERVIÇO:		MOBILIZAÇÃO - RUT		DATA PREVISTA PARA INÍCIO:		01/07/2024		ADM/LOG		EQUIPAMENTOS	
METODO	MÉDIO DE OBRA		MATERIAL		MAQUINAS		MEDIAS		MÉDIO AMBIENTE		
NA DEFINIÇÃO PARA METODOLOGIA RESULTAV	sim	na definição para execução e apoio do serviço	na	na definição para execução dos serviços (MATERIAL DE APLICAÇÃO ESTÁO DISPONÍVEL EM OBRA)	na	na definição para execução dos serviços (MATERIAL DE APLICAÇÃO ESTÁO DISPONÍVEL EM OBRA)	na	na definição para os controles de produção	na	na definição para execução dos serviços (MATERIAL DE APLICAÇÃO ESTÁO DISPONÍVEL EM OBRA)	
Condição do plano de ação	sim	Mão de obra contratada: - 1 Operário (Iniciante); - 1 Assista Senior (Sua Técnica); - 1 Engenheiro (Iniciante); - 1 Aux ADI; - 1 Técnico de Segurança Senior; Mão de obra a contratar: - 2 Aux de Segurança; - 1 Aux de Qualidade; - 1 Técnico de Qualidade; - 1 Assista de Apoio; - 1 Aux ADI; - 1 Assista;	na	Materiais associados: - Acessórios para lâmpadas: OK; - Cabos de aço: OK; - Cabos de aço: Responsabilidades ENEL; - Fios e cabos: Responsabilidades ENEL; - Ferragens: OK; - Materiais: Em levantamento; - Perfisados: OK; - Termos e condições: Em levantamento; - Flona (tubo e OPD): Em levantamento; - Materiais de uso em levantamento: Para em responsabilidade de A. Cesar; - Isolantes e dispositivos: OK; Materiais e estruturas de concreto: - Placa; - Alvenaria: OK; - Alvenaria: OK; - Ferramentas: OK; - Cabelos: OK; - Estrutura de internet;	na	na	na	na	na	na	
<p>1- Condição do plano de ação</p> <p>Responsável: Patrícia</p> <p>2- Lançamento dos sites de mobilização</p> <p>Responsável: Aysson</p> <p>3- Logística e suprimentos</p> <p>Responsável: Márcio</p> <p>4- Montagem</p> <p>Responsável: Semana</p> <p>5- ...</p> <p>6- ...</p> <p>7- ...</p> <p>8- ...</p> <p>9- ...</p> <p>10- ...</p> <p>11- ...</p> <p>12- ...</p> <p>13- ...</p> <p>14- ...</p> <p>15- ...</p> <p>16- ...</p> <p>17- ...</p> <p>18- ...</p> <p>19- ...</p> <p>20- ...</p> <p>21- ...</p>											

Figura 4. Reunião 6M

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

A implementação de indicadores de desempenho permitiu um monitoramento eficaz em cada fase das atividades, o que possibilitou ajustes em tempo real e promoveu uma cultura de melhoria contínua entre as partes interessadas. A integração dessas práticas, não apenas otimizou recursos, como também fortaleceram a comunicação entre as equipes, garantindo que todos estivessem alinhados com os objetivos estratégicos da empresa.

De forma complementar, o histograma de pessoas e veículos são essenciais para o setor de suprimentos, fornecendo subsídios para planejamento antecipado de compras, contratação de serviços, alocação de veículos e negociações de contratos de locação assegurando o cumprimento dos prazos estabelecido.

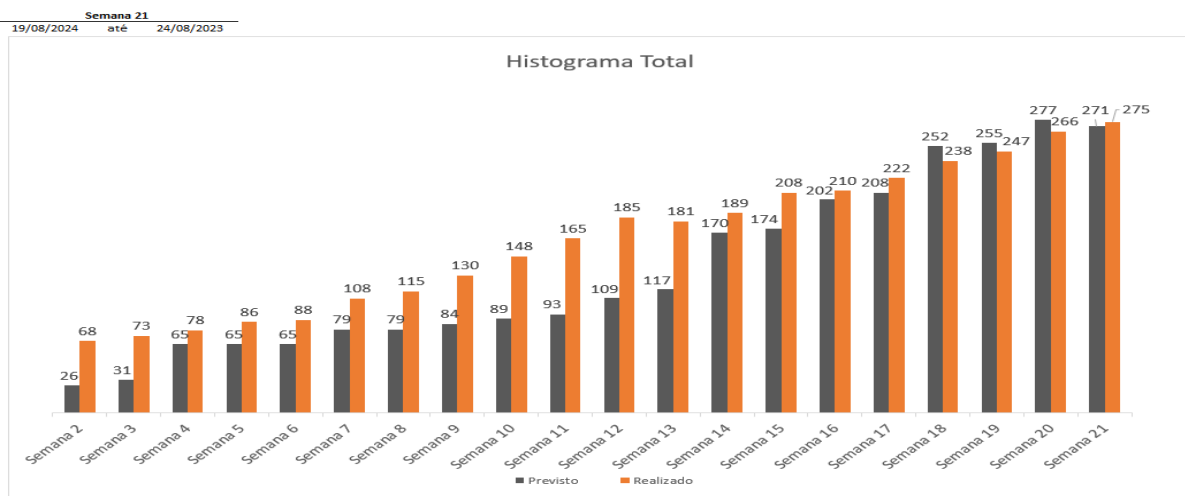


Figura 5. Histograma de pessoas

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

O histograma de pessoas apresentado na Figura 5, serviu como base para o estabelecimento de ações estratégicas, incluindo o dimensionamento de pedidos de compra tais como: Fardamentos, Epi, mobilização de casas, alimentação, veículos, contratação de serviços de forma geral e compras para atender as integrações de cada fase da obra, como também foi possível estabelecer a definição do ponto de pedido, os prazos de entrega, além da análise de obras com estoque em excesso ou próximas ao processo de desmobilização, logo, ao consultar os estoque, foi possível integrar e indicar quais pedidos que seriam atendidos por transferências e quais seguiriam com o processo de compras.

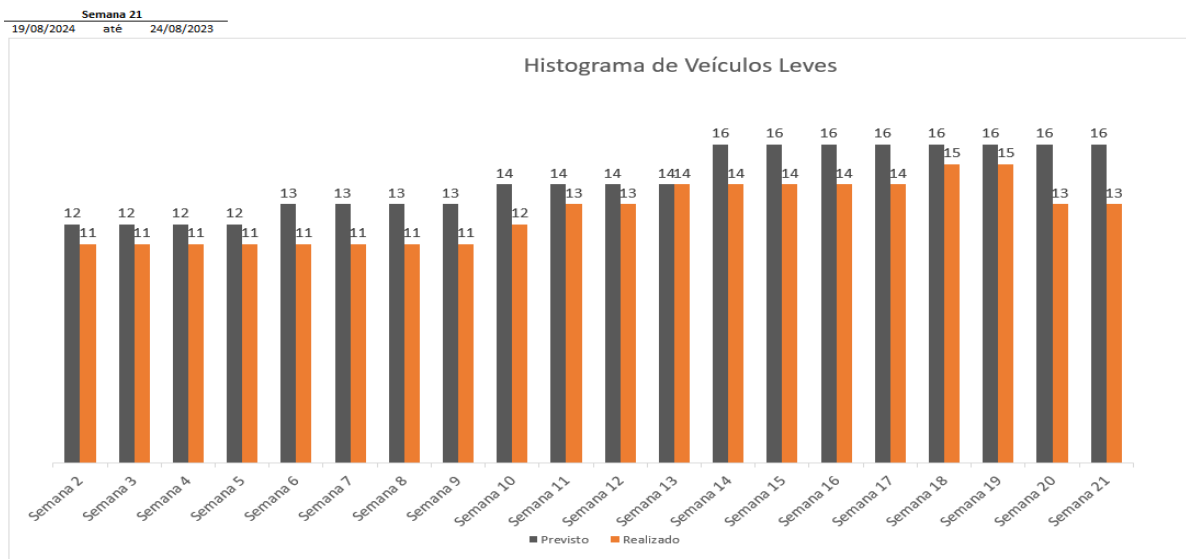


Figura 6. Histograma de veículos

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Neste contexto, indicadores chaves foram desenvolvidos administrativamente, indicador de consumo de combustível, de rastreamento da frota, de sinistros, multas, implantação de Procedimentos Operacional Padrão (POP) e implantação de Checklist on-line com opção de geolocalização. Com base nestes indicadores, foram identificados quais veículos consumia mais combustíveis, os de maior índice de revisões antecipadas, sinistros, avarias. Observa-se que também, que foi possível evidenciar o KM realizado na fase anterior da obra e a atual, com essas informações facilita o processo de tomada de decisão e análise.

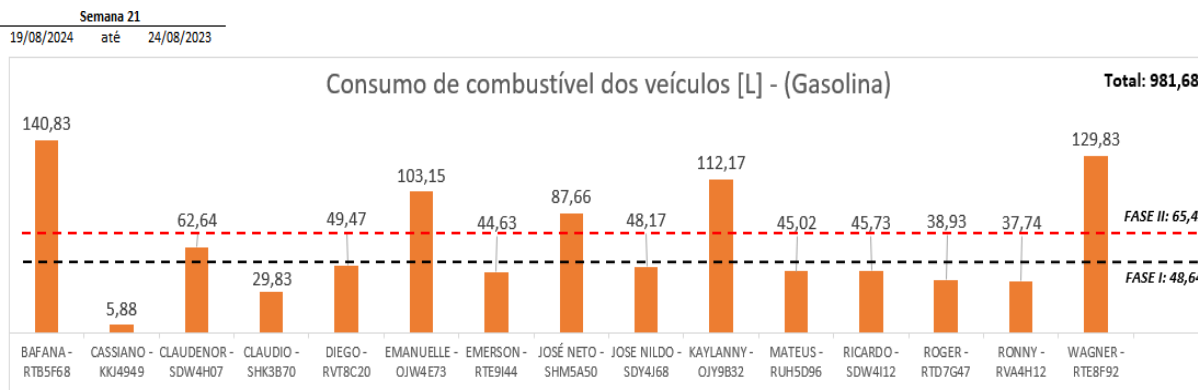


Figura 7. Histograma de consumo de veículos

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

A implementação do setor de transferências em agosto de 2023 destacou-se

como um marco estratégico para o setor de suprimentos, permitindo gerenciar de forma eficaz múltiplas obras em andamento. Com essa estratégia, a mobilização da nova obra Pedra Pintada, localizada na Bahia, foi viabilizada. O enxoval dessa obra foi montado através da alocação de recursos transferidos entre diferentes obras e a sede da empresa. O valor médio das transferências foi de aproximadamente 1,5 milhões de reais/mês, oriundos de obras distintas, o que evidenciou a eficiência e a capacidade de resposta do setor de suprimentos frente às crescentes demandas operacionais.

Tabela 1.

Relatório de Cargas - Transferências

Manifesto da carga - MDFE	Competência de uso	Total de cargas	Valor em Transferências
MDFE100 (M13)	Agosto, 2024	46	R\$ 842.712,54
MDFE100 (M12)	julho, 2024	50	R\$ 497.471,83
MDFE100 (M11)	junho, 2024	53	R\$ 3.315.791,17
MDFE100 (M10)	maio, 2024	67	R\$ 2.230.544,39
MDFE100 (M9)	abril, 2024	46	R\$ 790.588,15
MDFE100 (M8)	março, 2024	40	R\$ 419.962,45
MDFE100 (M7)	fevereiro, 2024	53	R\$ 1.771.782,76
MDFE100 (M6)	janeiro, 2024	34	R\$ 307.293,54
MDFE100 (M5)	dezembro, 2023	17	R\$ 189.014,19
MDFE100 (M4)	novembro, 2023	35	R\$ 749.249,08
MDFE100 (M3)	outubro, 2023	47	R\$ 4.828.912,65
MDFE100 (M2)	setembro, 2023	56	R\$ 1.431.244,00
MDFE100 (M1)	agosto, 2023	59	R\$ 962.214,68
	Total	557	R\$ 17.494.068,89
	Média/ Mês	46	R\$ 1.457.839,07

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

O relatório de Cargas, apresentado na Tabela 1, evidencia as ações de transferência realizadas entre agosto de 2023 e agosto de 2024, totalizando 557 operações com uma média mensal de 46 cargas. Essas transferências movimentaram um valor total de R\$ 17.494.068,89, com variações mensais notáveis, tendo um pico registrado em junho de 2024, que alcançou R\$ 3.315.791,17. Esses dados destacam a relevância das transferências como uma ação estratégica para otimizar a alocação de recursos, ajustando as operações às demandas específicas de cada período. A constância no número de cargas, aliada às flutuações nos valores financeiros, sugere uma gestão adaptativa, focada na eficiência e no equilíbrio operacional ao longo do tempo.

Considerando a metodologia analisada, é evidente que a adoção de uma abordagem integrada não só maximiza a eficiência operacional, mas também fomenta a inovação e a adaptabilidade. As lições aprendidas ao longo desse processo servirão como base para futuras melhorias, garantindo que a organização permaneça competitiva em um mercado em constante evolução.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo demonstrou a importância da aplicação integrada das metodologias *Pull Planning* e 6M no planejamento e controle de operações no setor de energia eólica. A utilização dessas ferramentas permitiu uma gestão mais eficaz

da cadeia de suprimentos, promovendo a sincronia entre as necessidades do projeto e a disponibilidade de recursos.

Através da aplicação do *Pull Planning*, foi possível alinhar as atividades ao cronograma, garantindo que os materiais e serviços fossem adquiridos no momento certo, evitando compras desnecessárias e atrasos da entrega no atendimento de pedidos. A metodologia 6M, por sua vez, ofereceu uma estrutura robusta para a análise de fatores críticos, como materiais, mão de obra, máquinas e métodos, contribuindo para a redução de custos e para a melhoria da eficiência operacional.

A combinação dessas abordagens mostrou-se essencial para enfrentar os desafios específicos do setor de energia eólica, possibilitando a execução de projetos de grande porte de forma mais ágil e eficaz. A adoção dessas práticas não só melhora o desempenho operacional, mas também contribui para a sustentabilidade e competitividade das empresas nesse mercado em expansão.

Para trabalhos futuros, recomenda-se a exploração de metodologias e ferramentas que possam complementar as práticas existentes, como a integração de Lean Construction, Kanban, Pull Planning e à metodologia 6M. A utilização de ferramentas analíticas avançadas, incluindo análise preditiva baseada em inteligência artificial (IA), Machine Learning e outras tecnologias emergentes da indústria 4.0, surge como uma oportunidade para otimizar o gerenciamento de recursos e automatizar processos decisórios, especialmente no setor de suprimentos energético.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Capacidade instalada de energia no Brasil. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/>. Acesso em: 20 ago de 2024.

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA RENOVÁVEL (IRENA). Capacidade global de energia eólica. 2023. Disponível em: <https://www.irena.org/>. Acesso em: 20 ago de 2024.

ARHAS.Sitti Hardiyanti e SUPRIANTO. A eficácia da implementação 6M na Artebo MSME. Universidades Negeri Makassar. Vol. 6, Edição: 2, pp 249-256. doi: 10.26858/JA.V6I2.15531.

ARVIDSSON, Ala Pazirandeh; JONSSON, Patrik; KAIPIA, Riikka. Big data in purchasing and supply management: a research agenda. International Journal Of Procurement Management, [S.L.], v. 14, n. 2, p. 185, 2021. Inderscience Publishers. <http://dx.doi.org/10.1504/ijpm.2021.113490>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA (ABEEólica). Perspectivas para a energia eólica no Brasil. 2023. Disponível em: <https://abeeolica.org.br/>. Acesso em: 20 ago de 2024.

ATASEVEN, Cigdem; NAIR, Anand. Assessment of supply chain integration and performance relationships: a meta-analytic investigation of the literature. International Journal of Production Economics, v. 185, p. 252-265, 2017

CHEN, Injazz J.; PAULRAJ, Antony; LADO, Augustine A. Strategic purchasing, supply management, and firm performance. Journal Of Operations Management, [S.L.], v. 22, n. 5, p. 505-523, 9 ago. 2004. Wiley.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jom.2004.06.002>.

CHRISTOPHER, Martin. Logística e gestão da cadeia de suprimentos. Pearson UK, 2022.

COOPER, Martha C.; ELLRAM, Lisa M. Characteristics of Supply Chain Management and the Implications for Purchasing and Logistics Strategy. The International Journal Of Logistics Management, [S.L.], v. 4, n. 2, p. 13-24, 1 jul. 1993. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/09574099310804957>.

CYNTHIA, C.Y., Tsao., Gregory, A., Howell. (2022). Development of Simulations & Pull Planning for Lean Construction Learning and Implementation. Annual Conference of the International Group for Lean Construction, doi: 10.24928/2022/0216.

DONG, X.; QUAN, C.; JIANG, T. Optimal planning of integrated energy systems based on coupled CCHP. Energies, v. 11, n. 10, 2018.

DUMOND, Ellen J. Moving Toward Value-Based Purchasing. International Journal Of Purchasing And Materials Management, [S.L.], v. 30, n. 1, p. 2-7, mar. 1994. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-493x.1994.tb00184.x>.

FLEURY, P.F. (2002) - Supply Chain Management: conceitos, oportunidades e desafios da implementação. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPEAD. Disponível em: <<http://www.coppead.ufrj.br>>. Acesso em: 20 ago. 2024.

GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL (GWEC). Tendências globais da força de trabalho eólica. 2023. Disponível em: <https://gwec.net/>. Acesso em: 20 ago de 2024.

GELDERMAN, Cees J; VAN WEELE, Arjan J. Strategic Direction through Purchasing Portfolio Management: a case study. Journal Of Supply Chain Management, [S.L.], v. 38, n. 1, p. 30-37, mar. 2002. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-493x.2002.tb00127.x>.

GUTIERREZ, Petrus Mário. Estudo de caso da aplicação da metodologia last planner system e um pull planning em uma obra de infraestrutura. Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Civil, 2022.

HATAMI-MARBINI, A.; HEKMAT, S.; AGRELL, P. J. A strategy-based framework for supplier selection: a grey PCA-DEA approach. Operational Research, v. 22, n. 1, p. 263–297.

LI, H., H. Zhang, C. Fine. 2012. Dynamic Performance-Based Business Share Allocation in a Supply Chain with Competing Suppliers. Under revision for 3rd round review at Operations Research.

LIN, Chinho; CHOW, Wing S.; MADU, Christian N.; KUEI, Chu-Hua; YU, Pei Pei. A structural equation model of supply chain quality management and organizational performance. International Journal Of Production Economics, [S.L.], v. 96, n. 3, p. 355-365, jun. 2005. Elsevier BV. Disponível em:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2004.05.009>. Acesso em: 15 ago. 2024.

MANGAN, J.; LALWANI, C.; CALATAYUD, A. Logística global e gestão da cadeia de suprimentos. 4. ed. Disponível em:

<https://www.perlego.com/book/2089855/global-logistics-and-supply-chain-management-pdf>. Acesso em: 15 ago. 2024.

MARQUES, R. S.; MARTINS, L. O. S.; FERNANDES, F. M.; SILVA, M. S.; FREIRES, F. G. M. Energia eólica e cadeia de suprimentos: uma pesquisa bibliométrica. *Ciência da Informação*, v. 50, n. 2, p. [páginas], 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.18225/ci.inf.v50i2.5579>. Acesso em: 20 de ago de 2024.

PEREIRA, Sara Felix. Gestão e controle da qualidade de obra de um Centro Produtivo de Torres Eólicas, conforme especificações CEB-FIB, Sistema Toyota de Produção e filosofia "Lean Thinking". Monografia (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil. Natal, RN, 2022.

SABINO, Gabriela. RADAR DE PROJETOS. O que são os 6M no diagrama de causa e efeito? Disponível em: <https://radardeprojetos.com.br/o-que-sao-os-6m-no-diagrama-de-causa-e-efeito/>. Acesso em: 26 ago. 2024.

SILVA, Neilton & Rosa, Luiz & Auré, Marcos & Freitas, Vasconcelos & Pereira, Marcio. (2012). Wind energy in Brazil: From the power sector's expansion crisis model to the favorable environment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 22. 686-697. 10.1016/j.rser.2012.12.054.

WELLISCH, M. *et al.* Biorefinery systems-potential contributors to sustainable innovation. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, v. 4, n. 3, p. 275–286, 2010.

YANG Hui, Rao K Prahalad, Simpson W. Timothy, Yan, Lu., Paul, Witherell., Abdalla, R., Nassar., Edward, W., Reutzel., Soundar, R., T., Kumara. Six-Sigma Quality Management of Additive Manufacturing. 109(4):347-376. Dez 2021. doi: 10.1109/JPROC.2020.3034519.