

Controle de parâmetros de qualidade no processo produtivo de postes preservados na Usina de Impregnação Macurije

Oxandra Roca Rivera¹; Yosvani Orlando Lao León ⁴; Saray Núñez González ³; Juarez Benigno Paes ²; Antônio Thiago Soares de Almeida¹; Nédia Pereira Correia Mendes Correia¹

¹ Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Jerônimo Monteiro/ES, Brasil; ² Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Jerônimo Monteiro/ES, Brasil;

³ Departamento de Engenharia Industrial, Universidade do Pinar del Río (UPR), Pinar del Río/PR, Cuba; ⁴Universidade do Holguín (UH), Holguín/Ho, Cuba – oxandrarocarivera@gmail.com

Resumo: Nesta investigação, foi realizado um controle estatístico da produção de postes para redes aéreas na unidade de negócios da planta de impregnação de Macurije, localizada em Pinar del Río, Cuba. A baixa qualidade do produto final foi identificada como um problema. Definindo-se como objetivo deste estudo: identificar as causas dos defeitos de qualidade dos postes de serviço público no processo de impregnação na Usina de Impregnação. Para o controle estatístico do processo, foram utilizadas cartas de controle e análise de capacidade de Poisson utilizando o software Minitab 20.4, da mesma forma, a árvore da realidade atual foi utilizada para a identificação das causas raízes. A partir do diagnóstico realizado, foram identificados postes que não atendem aos indicadores de qualidade estabelecidos nas normas. Também foi determinado que a causa raiz dos defeitos são as deficiências no processo de produção.

Palavras-chave: Controle estatístico, Qualidade, Processo de impregnação.

Control of quality parameters in the production process of preserved poles in the Macurije impregnation plant.

Abstract: In this investigation, a statistical control of the production of poles for aerial networks was carried out in the business unit of the Macurije impregnation plant, located in Pinar del Río, Cuba. The low quality of the final product was identified as a problem. Defining the objective of this study: identify the causes of quality defects in public service poles in the impregnation process at the Impregnation Plant (UEB). For statistical control of the process, control charts and Poisson capacity analysis were used using the Minitab 20.4 software, in the same way, the reality tree current was used to identify root causes. From the diagnosis carried out, poles were identified that did not serve to established quality indicators in the standards. Also it was determined that the root cause of the defects are deficiencies in the production process.

Keywords: Statistical control, Quality, Impregnation process.

1. INTRODUÇÃO

Desde a revolução industrial, o aço e o concreto armado substituíram amplamente os elementos estruturais de madeira. Leveza, aparência estética e propriedades mecânicas de flexão são as principais razões pelas quais a substituição da madeira como material estrutural não foi completa (Villasante, 2023). Hoje são utilizados diferentes métodos que contribuem para a preservação da madeira a fim de prolongar a vida útil dos produtos feitos a partir deste material. Nesse sentido, Correa *et al.* (2017) afirmam que à medida que as técnicas de preservação foram sendo aperfeiçoadas, a madeira adquiriu maiores possibilidades de uso. Atualmente é utilizado em condições muito severas, como contato direto com o solo, submerso em água em climas tropicais difíceis. Consequentemente, a madeira preservada é hoje considerada um material duradouro. A Usina de Impregnação, pertencente à Empresa Agroflorestal Macurije, na província de Pinar del Río, é responsável pela produção e processamento de postes para redes aéreas de eletricidade e telecomunicações. A partir da revisão documental, há evidências de um aumento significativo de reclamações quanto à qualidade dos postes produzidos nesta entidade; o controle eficiente da qualidade das matérias-primas, da qualidade do processo e do produto final não é realizado (Roca, 2020).

Portanto, o objetivo desta pesquisa é identificar as causas dos defeitos de qualidade dos postes de serviço público no processo de impregnação na Usina de Impregnação da UEB Macurije.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O material utilizado no estudo é proveniente da planta de impregnação Macurije, localizada na província de Pinar del Río, Cuba. O estudo é realizado nos postes para redes aéreas fabricadas com a espécie *Pinus caribaea*, por ser a espécie mais comercializada na província e mais utilizada na fabricação deste produto.

A pesquisa focou no controle de qualidade, seguindo o procedimento proposto por (Keil, 2004). Foi verificado o teor de umidade de cada poste antes de ser introduzido na autoclave, utilizando um higrômetro, cujas medidas expressavam se o teor de umidade estava aceitável, na faixa entre 20% e 30%.

Para verificar a existência de nós e fissuras, foi realizada uma revisão de cada poste rolando-o sobre suas bases de apoio. Foram considerados defeitos: nós

com diâmetro superior a 1,5 cm e fissuras com profundidade superior a 2 cm conforme controle de qualidade na preservação da madeira.

Para controlar a qualidade do tratamento, foi feito um registro completo para cada operação contida na amostra, registrando os seguintes dados: número e data da operação, volume de madeira e espécies florestais processadas, volume ou quantidade de preservativo, concentração e retenção do conservante e condições de tratamento com os valores de tempos de vácuo e pressão aplicada.

Esses resultados foram obtidos a partir de amostras coletadas de fragmentos remanescentes dos postes, com dimensões solicitadas de 7,5 m ou 9 m. Para os estudos de penetração e retenção foram feitas medições antes e depois da impregnação. A penetração é entendida como a profundidade que o preservativo atinge no interior da madeira (Morote, 2018).

No teste de penetração a alteração de cor foi observada com base nos diâmetros impregnados expressos em: diâmetro total e diâmetro penetrado pelo conservante. A penetração Parcial Regular (PR), a penetração Parcial Vascular (PV) e a Penetração Nula (PN) foram consideradas padrão de acordo com a classificação proposta pela diretoria do acordo de Cartagena para a preservação de madeiras (1988).

Em produtos oleossolúveis e solúveis em água, como impregnante utilizado na planta (MOQ-OX-50), o termo retenção é utilizado para se referir à quantidade de conservante que permaneceu na madeira e é obtido pelas Equações 1 e 2.

$$\text{Retenção} = \Delta V * \frac{C}{V_{\text{madeira}}} * 100 \quad (1)$$

ΔV : volume inicial e final de conservante no tanque; C: concentração da solução; V_{Madeira} : volume de madeira permeável.

$$V(m^3) = (d^2 + D^2) * \frac{0.7854}{2} * L * 0.0001 \quad (2)$$

$V(m^3)$: volume da peça redonda; d: diâmetro da menor área da peça em centímetros; D: diâmetro da maior área da peça em centímetros; L: comprimento da peça em metros.

Para cada tratamento, a retenção de conservantes foi medida e essas informações foram anexadas nos registros do programa de tratamento. Valores de retenção (kg/m^3): mínimo (9,6), médio (10,8) e máximo (12,0).

Levando em consideração o exposto, as variáveis a serem medidas são definidas como: % de umidade da matéria-prima, presença de casca, presença de nós, presença de fissuras, penetração da solução conservante e retenção da solução.

Para representar as medidas do número dos defeitos por unidade, foram utilizadas cartas de controle "U" (cartas de controle do número de defeitos por unidade) usando o software Minitab em sua versão 20.4. O modelo de Poisson foi desenvolvido para representar o número de erros nas unidades inspecionadas, bem como uma análise da capacidade do processo levando em consideração esses erros. Para tanto, foram coletadas amostras, onde foram analisados os indicadores de qualidade, de acordo com o anteprojeto do padrão de ramo: preservação da madeira, que deve estar presente nos postes impregnados, seja umidade, número de nós e trincas, presença de casca, retenção e penetração (NRAG/CTNR-7, 2008).

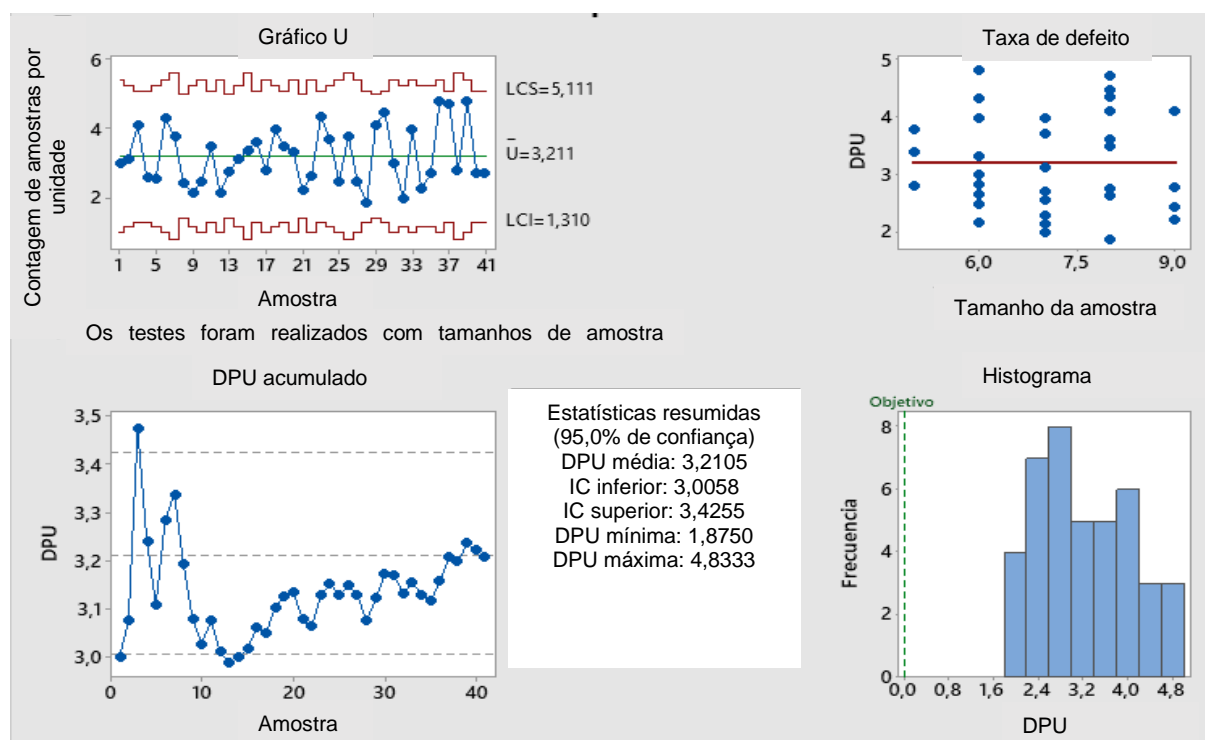
Este estudo foi realizado em 300 postos com base em 43 observações em diferentes momentos. Em cada observação foram analisados 5 a 9 postes. Todos os defeitos foram adicionados nos casos em que algum dos indicadores não foi atendido. Com o objetivo de identificar e sintetizar a natureza destes defeitos de qualidade no produto acabado, foi realizada uma sessão de brainstorming com especialistas de processos e investigadores. A determinação do número de especialistas foi realizada utilizando critérios baseados na distribuição de probabilidade binomial (Lao León, 2017). Para ponderar as causas que influenciam os defeitos de qualidade, foi utilizado o Processo de Análise Hierárquica (AHP) (Saaty, 1994). A árvore da realidade atual é utilizada para explicar as interdependências que existem entre as deficiências existentes e suas causas, utilizando a metodologia proposta por Mozart da Silva e Deus (2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar a capacidade do processo, pode-se identificar um aumento no número médio de defeitos, esse aumento se deve a uma mudança do fornecedor que extrai a madeira da Reserva Florestal de Guanahacabibes e ao chegar à fábrica tem os seus indicadores de não atender aos padrões de qualidade de acordo com a

norma vigente. Mostra-se que a qualidade da matéria-prima fornecida pela empresa Agroflorestal de Macurije é superior, sendo esta a causa fundamental da variação. Pode-se observar também que no processo estão sendo produzidos 3,21 defeitos em média por unidade, esses defeitos estão na faixa de 3,00-3,42, o que está manifestando o descumprimento das especificações dos clientes, como se amostra na figura 1. Estes resultados, embora expressos quantitativamente, são semelhantes aos observados nos manuais de reclamações de clientes em 2021, onde a empresa Cubana de Comunicações e a Empresa Elétrica (únicos clientes da entidade devido à grande demanda de produção) manifestam a sua insatisfação com o não cumprimento dos requisitos de qualidade dos produtos fornecidos pela usina de impregnação.

Figura 1. Análise da capacidade de Poisson para defeitos no processo de impregnação de pinus preservados.



Fonte: (Autor)

3.1 Verificações das causas

Como resultado da revisão e avaliação de todas as causas, o grupo de especialistas resumiu-as e ponderou-as da seguinte forma, utilizando o método AHP (Tabela 1). Estes resultados são semelhantes aos obtidos por

(Lao León, 2017) ao aplicar teoria das restrições físicas em empresas no estado de Holguín, Cuba. Em sua pesquisa, o autor demonstra como um processo deficiente de avaliação de fornecedores e a falta de treinamento de pessoal ligado ao processo influenciam negativamente o funcionamento das empresas de produção e comercialização, como é o caso da fábrica de impregnação Macurije.

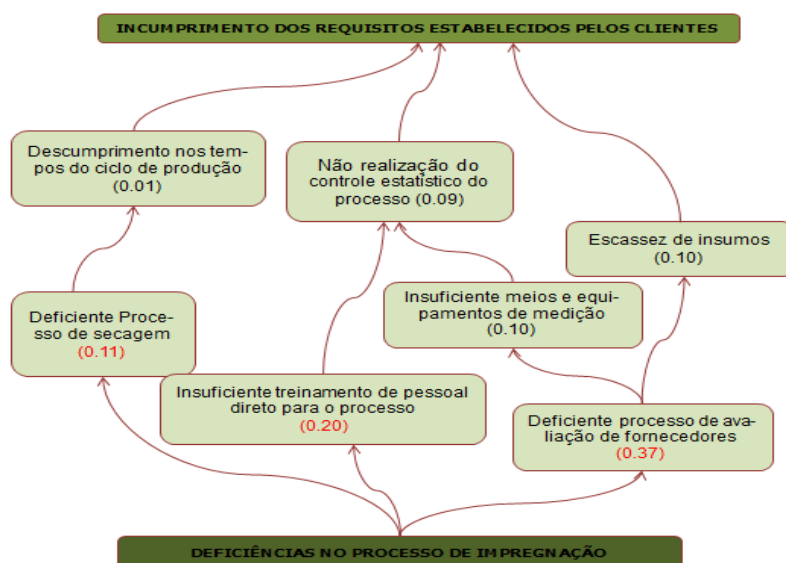
Tabela 1. Gerarquização das causas que afetam o processo de impregnação.

Deficiente processo de avaliação de fornecedores	0,37
Insuficiente treinamento de pessoal direto para o processo	0,20
Deficiente Processo de secagem	0,11
Insuficientes meios e equipamentos de medição	0,10
Escassez de insumos	0,10
Não realização do controle estatístico do processo	0,09
Descumprimento nos tempos do ciclo de produção	0,01

3.2 Determinações das causas raízes

Depois de ponderada cada uma das causas apontadas pelo grupo de especialistas, foi criada a Árvore da Realidade Atual (ARA), conforme mostrado na Figura 2, para determinar sua inter-relação.

Figura 2. Árvore da realidade atual formada com as deficiências detectadas no processo de impregnação de postes para redes aéreas.



Fonte: (Autor)

Desta análise concluiu-se que a causa raiz associada ao aparecimento de defeitos de qualidade e, portanto, ao incumprimento dos requisitos estabelecidos pelos clientes, são as deficiências do próprio processo de impregnação. Isto constitui um problema não resolvido que afeta diretamente os indicadores de desempenho do processo e a satisfação dos seus clientes. Destacam-se como causas mais influentes o mau processo de avaliação dos fornecedores, a insuficiente formação do pessoal e o mau processo de secagem, técnica que coincide com os resultados obtidos pelo Processo Analítico Hierárquico (Figura 2). Estes resultados divergem dos observados nos relatórios de qualidade pertencentes ao ano 2021, produto de avaliações internas de qualidade realizadas pela gestão de qualidade da própria planta de impregnação, que não apresentam uma análise detalhada das causas que afetam os indicadores de qualidade do processo. Nestes relatórios, a única deficiência do processo de impregnação é definida como a insuficiência de meios de medição e equipamentos disponíveis para o processo.

4. CONCLUSÕES

Pode concluir-se com a realização deste trabalho que:

Na Planta de Impregnação Macurije não é realizado um controle de qualidade eficiente; foram identificadas deficiências no processo de preservação dos postes, que limitam a qualidade do produto acabado, determinando que as causas mais influentes são o deficiente processo de avaliação de fornecedores, a formação insuficiente de pessoal e o deficiente processo de secagem.

5. REFERÊNCIAS

CORREA, R., PÉREZ, M., PAMPÍN, G. *et al.* Implementación y certificación de Sistema de Gestión de SYSO en la planta de impregnación de postes y crucetas de UTE. **INNOTEC Gestión**, 8 ene-dic, 61–70, 2017.

DIRECCION DE CALIDAD PALNTA DE IMPREGNACIÓN MACURIJE, 2021. Manual de quejas y reclamaciones de clientes. **Planta de impregnación Macurije, Calidad, Guane.**

FARJE, Alejandro Morlote. **Eficacia de dos compuestos bóricos en la preservación de madera de *Pinus oocarpa* proveniente de una plantación de**

Oxapampa-Perù. 2018. Dissertação (Graduação em Ciências Florestais). Universidad Nacional Agraria La Molina; Lima, 2018.

JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA, 1988. Manual del Grupo Andino para la preservación de maderas. **Perú: Proyecto Subregional de Promoción Industrial de la madera para Construcción.** Disponível em: https://books.google.com.cu/books/about/Manual_del_Grupo_Andino_para_la_preserva.html?id=DQ12xgEACAAJ&redir_esc=y.

KEIL, Gabriel Darío. **Biodegradação e preservação da madeira.** 2004. Universidade Nacional de Comahue, San Martín de los Andes, 2004. Assentamento Universitário. Disponível em: <https://docplayer.es/51843956-Biodegradacion-y-preservacion-de-la-madera-2-al-7-de-agosto-de-2004.html>.

LAO LEÓN, Y.O., MARRERO DELGADO, F., PÉREZ PRAVIA, M.C. *et al.* Identificación de Restricciones Físicas en el Sistema Logístico de Empresas Comercializadoras en Holguín, Cuba. **Visión de Futuro**, vol. 21, no. 14, pp. 136-150, 2017.

MOZART DA SILVA, R., SILVA, L. T., & DEUS, A. Uma Análise das Contribuições da Logística Reversa de Pós-Venda nas Estratégias da Cadeia de Suprimentos a través dos conceitos da Teoria das Restrições (TOC). **INOVAE - Journal of Engineering and Technology Innovation**, v. 2, n. 2, p.3-20, 2014.

NRAG/CTNR-7. **NORMA RAMAL** (Anteproyecto): Preservación de madera. Postes de servicio público preservados. Especificaciones. Elaboração: La Habana: Ministerio de Agricultura, 2008.

RIVERA, Oxandra Roca. **Procedimiento con enfoque multicriterio para el perfeccionamiento del proceso de postes preservados con destino a redes aéreas.** 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial e de Sistemas), Universidad Politécnica de La Habana “José Antonio Echeverría”, La Habana, 2020.

SAATY, Thomas L. **Fundamentals of Decision Making.** RSW Publications, 1994.

VILLASANTE, Antonio. **La madera como material de construcción.** ETSEA. Lleida: Universitat de Lleida, 2023.