

Aplicação do Controle Estatístico de Processo: estudo aplicado em fabricante de chapas de gesso Drywall

Application of Statistical Process Control: study applied to a gypsum Drywall manufacturer

Thamires Camila Tavares de Oliveira¹

 orcid.org/0000-0002-3922-5974

Ana Cristina Gonçalves Castro Silva²

 orcid.org/0000-0001-8682-7794

Pedro Vieira Souza Santos³

 orcid.org/0000-0001-9802-506X

¹Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, Brasil.

E-mail: thamirescamila@hotmail.com

²Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, Brasil.

E-mail: castroanasilva@gmail.com

³Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, Brasil.

E-mail: pedrovieirass@hotmail.com

DOI: 10.25286/rep.v8i1.2191

Esta obra apresenta Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.

Como citar este artigo pela NBR 6023/2018:

Thamires Camila Tavares de Oliveira;

Ana Cristina Gonçalves Castro Silva;

Pedro Vieira Souza Santos.

Aplicação do Controle Estatístico de Processo:

estudo aplicado em fabricante de chapas de

gesso Drywall. Revista de Engenharia e

Pesquisa Aplicada, Recife, v. 8, n. 1, p. 59-66.

RESUMO

A metodologia do Controle Estatístico de Processo (CEP) torna possível obter um monitoramento do processo produtivo com foco na Gestão da Qualidade. Esse estudo foi desenvolvido em uma fábrica de drywall no Estado de Pernambuco, fazendo a aplicação de cartas de controle em sua produção, com o objetivo de observar estatisticamente o comportamento das análises frente aos requisitos que a certificação exige, sendo esta a norma da ABNT para esse tipo de unidade fabril, ABNT 14.715:2001: Chapas de gesso acartonado – Requisitos. Em conjunto com o CEP fez-se uso de algumas ferramentas da Qualidade, como também foi realizada uma coleta de dados em campo e análise dos resultados com uma equipe multidisciplinar atuante no processo da empresa. Diante disso, foi possível confirmar que a empresa dispõe ao mercado um produto certificado em todos os itens exigidos, porém foi identificado a presença de causas assinaláveis e não-conformidade dentro do processo. Em seguida, fez-se um levantamento das possíveis interferências atreladas às variações apontadas pelos gráficos. A partir disso, foi elaborado um plano de ação que correspondesse soluções que fosse possível abranger todos os requisitos analisados, atuando na eliminação/diminuição das causas assinaláveis, visando atingir a melhor performance no CEP.

PALAVRAS-CHAVE: Drywall; Cartas De Controle; Qualidade; Melhoria;

ABSTACT

The Statistical Process Control methodology makes it possible to monitor the production process with a focus on Quality Management. This study was carried out in a drywall factory in the State of Pernambuco, applying control charts in its production, in order to statistically observe the behavior of the analyzes against the requirements that certification requires, which is the ABNT standard. for this type of manufacturing unit, ABNT 14.715:2001: Gypsum plasterboard – Requirements. In conjunction with CEP, some Quality tools were used, as well as field data collection and analysis of the results with a multidisciplinary team working in the company's process. Therefore, it was possible to confirm that the company has a certified product on the market in all required items, but the presence of remarkable causes and non-compliance within the process was identified. Then, a survey of possible interferences linked to the variations pointed out by the graphs was carried out. From this, an action plan was drawn up that corresponded to solutions that could cover all the analyzed requirements, acting in the elimination/reduction of notable causes, aiming to achieve the best performance in CEP.

KEY-WORDS: Drywall; Control Charts; Quality; Improvement;

1 INTRODUÇÃO

Adequando-se a constante evolução do mercado [1], tendo em vista o aumento da competitividade, as empresas são induzidas a buscarem cada vez mais métodos que proporcionem melhorias em suas operações e processos e, com isso, as conduzam para a sustentabilidade dos negócios. Nesse sentido, um dos aspectos considerados pelas organizações diz respeito a qualidade e estabilidade dos seus processos [18][15].

O Controle Estatístico de Processo (CEP) é um dos métodos amplamente empregados para avaliar e monitorar o processo em relação à sua estabilidade. Trata-se de um conjunto de ferramentas estatísticas orientado para processos, dando suporte à tomada de decisão por parte do gestor [2].

Nesta metodologia, os resultados são verificados com base nos limites de controle que são calculados de acordo com o padrão desejado. Os valores obtidos a partir das medições indicarão se o processo tem aleatoriedade ou causas específicas de variabilidade. Contudo, como forma de suporte ao método, este é composto por sete ferramentas primordiais, sendo: histograma, folha de verificação, gráfico de Pareto, diagrama de causa e efeito, estratificação, diagrama de dispersão e cartas de controle [3].

O CEP é utilizado em diversos segmentos da indústria. É relativamente simples de ser utilizado, baseando-se no uso de estatísticas para analisar as limitações do produto e/ou processo local. Diante desse contexto, várias indústrias de diversos segmentos são passíveis de implementar o CEP em seus processos e com isso, garantir melhorias significativas em suas operações. Uma delas é a indústria de gesso, responsável por grandes volumes de extração do minério (gipsita) e de produção do produto acabado nos Polos industriais e atuante como fomento ao setor de construção civil [4].

Do gesso natural obtido através da calcinação da gipsita, aproximadamente 96% destinam-se diretamente ao emprego na construção civil. Este se apresenta de duas formas, como gesso de fundição e o de revestimento, os quais são empregados na confecção de placas, blocos e revestimentos de paredes, molduras para tetos e outros mais [5][19].

Controlar e melhorar a qualidade tornou-se uma importante estratégia de negócios para muitas organizações; desde fabricantes, distribuidores, empresas de transporte, organizações de serviços financeiros; profissionais de saúde até agências governamentais. A qualidade é, portanto, uma forma de garantir uma vantagem competitiva diante dos demais concorrentes [6]. Por outro lado, controlar o

processo é um dos princípios que nortearão a empresa em oferecer produtos com maior qualidade e, com isso, possibilitar outras vantagens intrínsecas ao modelo de gestão adotado.

Portanto, a metodologia de Controle Estatístico de Processo (CEP) pode ser usada principalmente como uma ferramenta para entender, modelar e reduzir a variabilidade de um processo industrial ao longo do tempo [7][8]. Logo, o objetivo deste trabalho foi verificar a qualidade e estabilidade do sistema produtivo de uma empresa fabricante de chapas de gesso tipo drywall, localizada na cidade de Petrolina- PE, por meio da aplicação do Controle Estatístico do Processo (CEP), analisando sua certificação frente às normas da ABNT.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esse tipo de gráfico procura especificar as limitações (superiores e inferiores) de acordo com as medidas estatísticas associadas a uma certa população, que é determinada no processo analisado. O objetivo dessa ferramenta é apresentar a variabilidade inerente do processo ao longo do tempo. Existem três linhas paralelas: a central, a superior (LSC), e a inferior (LIC).

Os LSC e LIC dão os limites das faixas de variação dos pontos. Esses pontos são ligados por retas, mostrando a evidência da sequência das amostras retiradas do processo [9]. Conforme [10], os conceitos a respeito dos limites podem ser apresentados como:

- Linha Central (LC): representa o valor médio em monitoramento. Quando os valores das amostras analisadas se encontram próximos a ela, indica que o processo está sob controle e apenas causas aleatórias se fazem presentes;
- Limite Inferior de Controle (LIC): representa o valor mínimo aceitável para o processo em análise. Se as amostras se encontram abaixo desse limite, o processo não está sob controle estatístico;
- Limite Superior de Controle (LSC): representa o valor máximo aceitável para o processo em análise. Se as amostras se encontram acima desse limite, o processo não está sob controle estatístico [10].

Através das cartas de controle é possível identificar as causas especiais e comuns de variação. As causas que não fazem parte do processo, são as causas comuns, exemplo: máquina desregulada ou defeitos na matéria-prima. As causas especiais são imprevisíveis, incomuns e inesperadas, quando há a sua presença, o processo se encontra fora de controle. Os pontos do gráfico se encontram fora dos limites de controle ou com disposição não aleatória [11].

Os gráficos por atributos rapidamente são obtidos, mas podem mostrar controle com menos precisão [12]. Já nos gráficos por variáveis, que são mais indicados para processos de produção, os mais usados são:

- a) Gráfico \bar{X} e R (média e amplitude): são anotadas as médias das amostras e a variabilidade é analisada via sua amplitude. Com os cálculos fáceis de serem elaborados. Geralmente esse tipo de gráfico é utilizado em tamanho da amostra menor que seis ($n < 6$);
- b) Gráfico \bar{X} e s (média e desvio-padrão): é utilizado para grandes amostras. As médias amostrais são registradas e a variabilidade é analisada via seu desvio-padrão. Porém, esse tipo de gráfico é mais difícil de ser interpretado;
- c) Gráfico med e R (mediana e amplitude): onde as medianas e as amplitudes são anotadas. Não há necessidade de cálculos, tem maior facilidade no controle contínuo. Mas, a mediana é um estimador mais fraco que a média;
- d) Gráfico i e R (valor individual e amplitude): são anotados valores individuais das medições. É aconselhável usar esse gráfico em situações especiais como processos com baixa variabilidade.

O Anexo A dispõe das equações para a determinação dos limites controle dos gráficos descritos. Deve-se considerar os valores de A2, A3, B3, B4, D3 e D4, nos quais estão disponíveis em tabelas estatísticas (ANEXO B).

2.2 Capacidade e Capabilidade de um processo

A análise da Capacidade de um processo, segundo [13] tem como propósito estimar se ele é capaz, efetivamente, de cumprir as especificações requisitadas pelos clientes em relação a um produto e/ou serviço específico. Para isto, utiliza-se os índices: Cp, Cpk, Cpm, Cpmk.

- Índices de capacidade – Cp: este índice, segundo Spiring et al. (2003), conceituado como de capacidade potencial do processo, considera a dispersão do processo comparado aos limites de especificação. Ou seja, entende o processo centrado no valor nominal especificado, sendo definido pela Equação 1 [6]:

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \quad (1)$$

Onde:

Cp = índice de capacidade;

LSE = limite superior da especificação; LIE = limite inferior da especificação;

σ = desvio-padrão do processo.

Logo, quando:

- a) $C_p < 1,00$: Entende-se que o processo é considerado incapaz;
- b) $1,00 \leq C_p < 1,33$: Tem-se que a capacidade do processo está dentro da especificação exigida, contudo o processo é relativamente incapaz sendo pouco confiável.
- c) $1,33 \leq C_p < 2,00$: Diz-se que o processo é capaz com boa confiabilidade;
- d) $C_p \geq 2,00$: O processo é considerado excelente e altamente confiável [6].

- Índice de capacidade – Cpk: este índice, considera que o processo não está em sua totalidade centralizado. Trata-se de uma razão unilateral da capacidade, sendo estimada observando o limite de especificação mais aproximado da média calculada [6]. Este indicador será sempre inferior ou igual ao Cp. O Cpk é obtido através da Equação 2:

$$C_{pk} = \min\left(\frac{LSE - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LIE}{3\sigma}\right) \quad (2)$$

Onde:

Cpk = capacidade real do processo; LSE = limite superior da especificação; LIE = limite inferior da especificação;

μ = média do processo;

σ = desvio-padrão do processo.

Caso o processo esteja centralizado, o valor de Cp será igual ao Cpk obtido. Para Cp diferente de Cpk, tem-se que o processo está descentralizado, o que reflete o fato de que a média não está em coincidência com o valor nominal especificado [14].

3 METODOLOGIA

Na primeira etapa, tem-se a escolha do produto. Nesse caso, foi escolhido o produto que representa maior importância para a empresa, do ponto de vista de valor de venda, ou seja, a chapa tipo "standard 12,5 mm" pois, entende-se que este representa significativo valor agregado para o cliente final. Na segunda etapa, ocorreu o mapeamento do processo do produto escolhido para a pesquisa.

Na terceira etapa, definiu-se os requisitos de qualidade, que se deu com base na influência destes para a qualificação do produto seguindo parâmetros definidos pela norma ABNT NBR 14715-1:2010 [17], a partir da coleta de dados na empresa. Foram

definidos como fatores de qualidade: o peso seco, a espessura seca, a resistência mecânica, a largura da chapa e a profundidade do rebaixo.

A quarta etapa foi feita a elaboração do plano de amostragem. Os dados colhidos foram extraídos em campo. De início foi feito o cálculo da quantidade mínima de amostras necessárias e o subgrupo a se adotar para tal estudo estatístico, de acordo com a Equação 02. Os dados extraídos foram tomados em diferentes dias e horários de produção referentes aos meses de agosto a dezembro de 2021, em busca da melhor retratação da população em análise.

Fez-se o cálculo, adotando-se:

- Erro amostral: 3,0 %
- Z (valor da norma padronizada para grau de confiança de 95 %): 1,96
- σ (desvio padrão em torno da média): 0,1

Após a obtenção do resultado do plano amostral seguiu-se para a aplicação das cartas de controle, onde determinou-se qual o tipo deveria ser utilizado e, a partir disso, executou-se os cálculos sobre parâmetros recomendados neste tipo de estudo, como média amostral, desvio padrão e amplitude. Para construção das cartas, o software Minitab® [16] foi utilizado nesta pesquisa. Com as cartas de controle dos lotes de produção construídas, os dados foram analisados. Nessa etapa, o comportamento do processo e a variabilidade dele puderam ser identificados.

Após a aplicação das cartas de controle, o processo foi analisado se está ou não sob controle estatístico, baseando-se nos resultados obtidos. Foi feito também, o cálculo da capacidade do processo, que relaciona a variabilidade inerente ao processo com suas especificações. Nos casos em que se verificou a ausência de controle no processo, foi feita a identificação de causas assinaláveis, que foram apontadas observando o parâmetro do processo, média e desvio padrão, que estavam fora dos limites de controle. Essas causas serviram de base para construção do plano de ação.

Buscou-se manter o controle do processo local, a partir da identificação e priorização das causas da variação da qualidade. Por fim, propostas de melhorias foram apontadas e estas serão apresentadas a gestão da empresa. Nessa etapa, as ações que poderão melhorar e/ou controlar estatisticamente o processo estudado foram propostas através da ferramenta 5W2H.

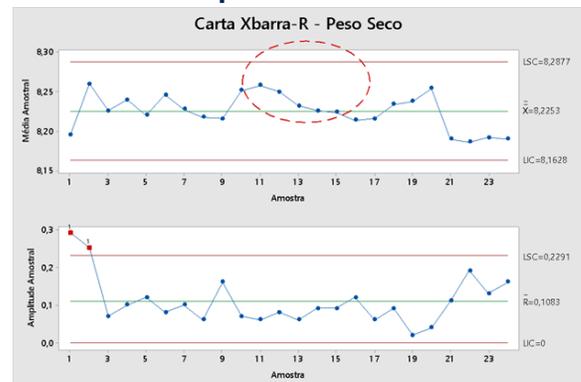
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tendo em vista as diversas características de qualidade do processo, com foco no cliente (que neste caso são as normas ABNT 14.715:2001: Chapas de gesso acartonado - Requisitos), foram escolhidas para análise cinco delas: resistência mecânica, peso seco, espessura seca, profundidade

rebaixo e largura da chapa. A escolha se deu devido ao fato de que estes aspectos são fabricados de acordo com normas, que devem ser seguidas para que o produto seja certificado, e assim, comercializado. Todas estas são referentes ao produto intitulado "chapa standard 12,5 mm", que representa o item com maior demanda, representando aproximadamente 70% do volume produzido na planta local.

Após executar o plano amostral obteve-se que a quantidade mínima de amostras a serem tomadas: 24 (vinte e quatro), ou seja, 24 chapas de gesso acartonado a cada mês, onde em cada chapa é possível analisar os cinco requisitos de especificação de qualidade durante as semanas que englobam os meses (agosto a dezembro), do segundo semestre de 2021, sobre os quais a quantidade de meses tomados se refere ao subgrupo de tamanho 5 (m) que foi adotado. O primeiro item observado foi o peso seco da chapa (em kg/m²). Nesse caso, plotou-se o Gráfico (Figura 1) para verificar se há valores acima ou abaixo do limite de controle, considerando as vinte quatro amostras de tamanho cinco.

Figura 1 – Carta de controle \bar{X} - R para peso seco

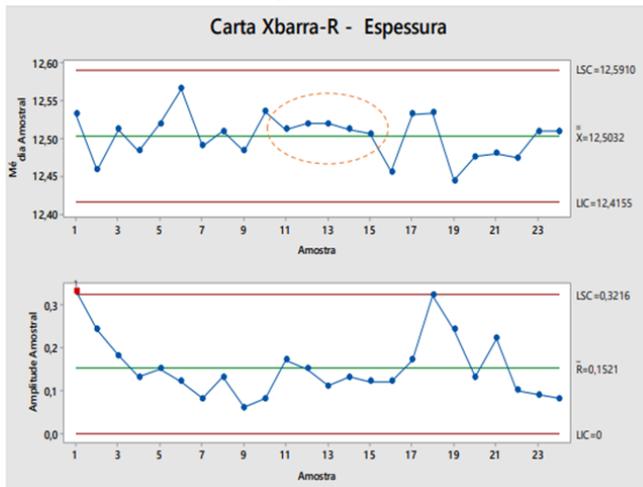


Fonte: Os autores

A empresa adota como padrão interno o valor 8,20 kg/m² para cada unidade do produto. Pelo gráfico da Figura 2, percebe-se que, mesmo com todos os pontos dentro dos limites de controle fixados, a média das amostras está acima do padrão determinado, sendo igual a 8,2253 kg/m², o que indica um processo com variação moderadamente controlada, acima da média. A norma da ABNT 14.715:2001 afirma que o valor mínimo para essa análise é que o peso seja 8,0 kg/m².

Da mesma forma, foi coletado um conjunto de dados inerentes ao fator espessura seca do produto selecionado. Os dados seguem a mesma metodologia do item peso.

Figura 2 – Carta de controle \bar{X} - R para espessura



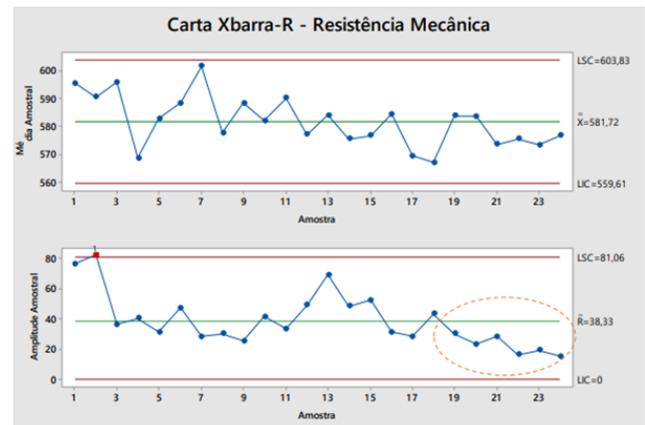
Fonte: Os autores

Observa-se que os valores estão dentro dos limites de controle definidos como aceitáveis. Contudo, a variação no comportamento dos dados, demonstrando a existência de causas especiais nos pontos 9 a 17 (pontos do mesmo lado da linha central), onde essa situação se caracteriza por desvio de processo, que quando detectado deve ser corrigido antes de seguir. No gráfico da amplitude o ponto 1 está fora do limite de especificação e o 17 está na zona A, onde eles também precisam ser analisados.

Aponta-se ainda que, para a realidade da empresa, adota-se o padrão de 12,5 mm para espessura seca das chapas de gesso tipo drywall. Verifica-se que, neste caso, os dados refletem que a meta está, em média, adequada ao padrão definido. Como todos os pontos estão dentro dos limites e dispostos de forma aleatória, considera-se que não existem evidências de que o processo esteja fora de controle. Apesar de apontar que há causas especiais, os valores encontram-se dentro dos limites de aceitação das normas da ABNT 14.715:2001, onde especifica que a espessura precisa ser 12,50 mm com variação de $\pm 0,5$ mm. O gráfico da média amostral demonstra que para esse critério, o produto em análise está dentro dos padrões de especificação.

Outra análise feita, foi em relação ao item resistência mecânica (Figura 3).

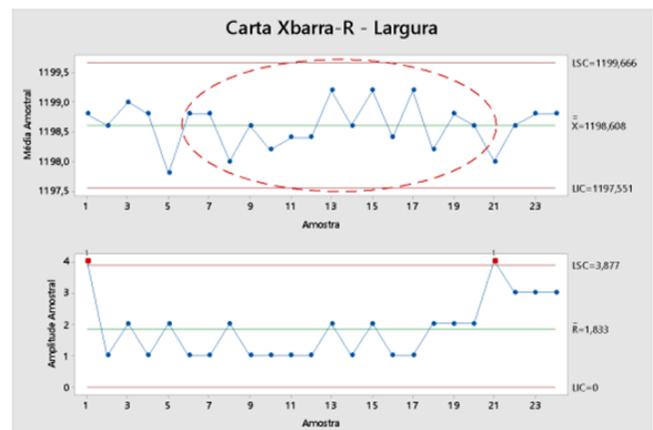
Figura 3 – Carta de controle \bar{X} - R para resistência mecânica



Fonte: Os autores

Percebe-se, a partir do Gráfico de Figura 3, que o processo está sob controle estatístico, da perspectiva de resistência mecânica, com todos os pontos localizados dentro da faixa de controle estabelecida. Há indícios, porém, de causas especiais, porém para esse critério de qualidade, isso não se aplica. Pois, a ABNT 14.715:2001 exige um valor mínimo de 555,0 N, valores iguais a esse são aprovados pela norma, e valores superiores significa que o produto é mais resistente à flexão, ou seja, agrega à qualidade. De acordo com informações internas sobre o processo produtivo, essas oscilações são os resultados da qualidade/natureza inerentes de alguns insumos utilizados, logo não acarreta custos extras para o fabricante, assim sendo possível fornecer um produto com melhor qualidade ao mercado. Além dos dados relativos ao fator resistência mecânica, ainda se coletou amostras, nos mesmos aspectos metodológicos dos demais, referentes a largura da chapa (Figura 4).

Figura 4 – Carta de controle \bar{X} - R para largura

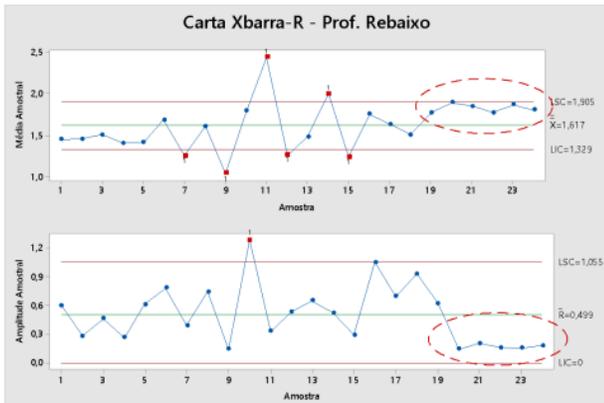


Fonte: Os autores

De acordo com a regra 7 da ISO 7870-2:2013 há a identificação de causas especiais, pois há quinze pontos consecutivos na zona C acima e abaixo da linha central. Quando tal fato acontece mostra que houve redução nas variações do processo, ou que os limites de controle não foram devidamente calculados. A média calculada no Gráfico foi de 1,198,60 mm. Pelo teste feito, o ponto 1 (gráfico da amplitude) está mais que 3,00 desvios padrão da linha central, ultrapassando o limite superior de controle definido. Por outro lado, quanto a média das amostras, ela mostra-se controlada, apesar dos pontos oscilarem moderadamente em torno da linha central.

Por fim, observou-se o quinto fator de qualidade em relação ao produto estudado. Trata-se do item profundidade rebaixo, medido em milímetros (mm), apresentado pela Figura 5.

Figura 5 – Carta de controle \bar{X} - R para profundidade do rebaixo



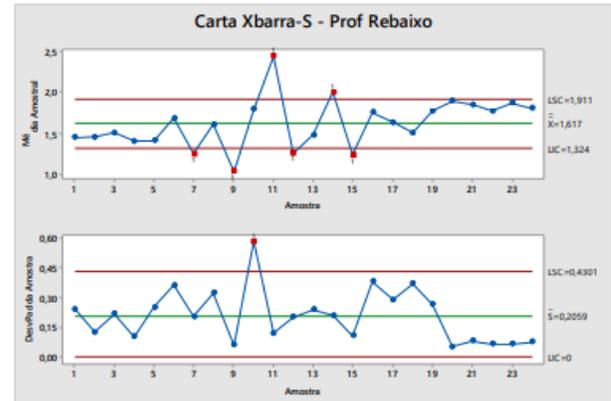
Fonte: Os autores

Nota-se, a partir da carta de controle da Figura 5, que há alguns pontos mais que 3,00 desvios padrão da linha central. Trata-se dos pontos amostrais das semanas número 7, 9, 11, 12, 14 e 15. Quando há pontos fora dos limites de controle, significa que o processo não está sob controle estatístico. Além disso, há sequência de pontos do mesmo lado da linha central, o que indica também que há causas especiais nessas amostras. Para esse requisito de especificação da qualidade (Profundidade do Rebaixo) a norma da ABNT 14.715:2001 especifica que os valores necessariamente têm que estar entre: $0,6 \leq x \leq 2,5$ mm. Os valores médios das amostras desse estudo comportaram-se entre $1,3 \leq x \leq 1,9$ mm, como demonstrado no gráfico da Média Amostral, porém apresentou pico máximo de 2,5 mm e mínimo de 1,04 mm.

Apesar do gráfico apresentar que o processo não está sob controle estatístico, eles atendem às normas de especificação. Os valores da análise se encontram dentro da faixa exigida pela voz do cliente, porém está evidente que não há conformidade nesse parâmetro. Para isso as causas

especiais devem ser investigadas, a fim de garantir estabilidade e segurança na conformidade dele. Como forma de complementar essa análise também foi elaborado o gráfico associado ao desvio padrão (Figura 6).

Figura 6 – Carta de controle \bar{X} - S para profundidade do rebaixo



Fonte: Os autores

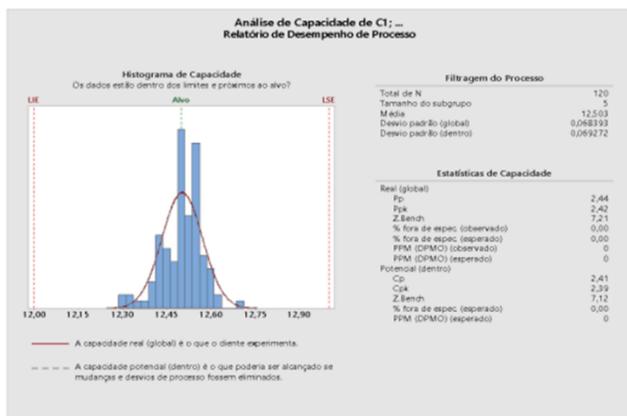
Utilizando o *software* Minitab ® [16] foi possível analisar a capacidade do processo. Esta verificação é indicada para poder determinar se um processo é capaz de produzir saída que atende os requisitos do cliente, isto é, da norma ABNT NBR 14715-1:2010 [17].

Foi possível notar que, como foram 24 subgrupos de tamanho 5, a amostra N é igual a 120. O desvio padrão global DesvPad(Global) é traduzido como um desvio padrão de todas as medições e é uma estimativa da variação global do processo.

Nesse caso, ele representa a variação real do processo ao longo do tempo, ou seja, para o peso do produto, apresentando um valor do desvio em torno de 5,0 %, ou seja, os valores colhidos no estudo atendem a essa dispersão, para que os dados ainda se encontram dentro dos índices de especificação, demonstrando assim que há qualidade no processo.

Em outras palavras, ele indica a variação potencial do processo, caso desvios e deslocamentos entre os subgrupos fossem eliminados. Observa-se que, devido ao comportamento dos dados, entende-se que o processo é centrado e está bem, dentro dos limites de especificação. Isto é, ele é mais capaz de produzir consistentemente produtos que atendem às expectativas da norma (Figura 7).

Figura 7 – Gráfico de Capacidade do processo para peso seco



Fonte: Os autores

Em termos do indicador espessura seca, com base nos requisitos da norma da ABNT 14.715:2001 o alvo para essa análise é de 12,5 mm, podendo variar $\pm 0,5$ mm, assim foi definido como limite inferior e limite superior de especificação 12,0 mm e 13,00 mm, respectivamente. Nesse caso, nota-se que, para $N = 120$, tem-se uma média de aproximadamente 12,50 mm, o que condiz com o padrão determinado pela empresa. Além disso, os índices Cp e Cpk foram calculados como 2,41 e 2,39, respectivamente.

Comparando-os com os índices Pp (2,44) e Ppk (2,42), nota-se que estão com valores bem semelhantes, podendo assim dizer que o processo é previsível, centralizado e entrega produtos dentro de especificação.

No quesito resistência mecânica, nesse caso, em especial, não existe definição para o limite superior devido ao fato de que, para o cliente, norma ABNT, a placa drywall deve ter resistência mínima de 550,0 N, sendo assim, estabeleceu-se apenas o limite mínimo exigido. Para efeito de verificação da capacidade, nota-se que o valor de Cp não pode ser calculado, exatamente pelo fato de não ter especificado o limite superior desejado. Já os valores de Ppk e Cpk estão próximos, indicando a centralização no processo.

Para "largura da chapa", atribuindo os limites inferior e superior de especificação (ABNT) em 1196,00 e 1204,0, nota-se que a média produzida está em 1198,60 mm, se encontra dentro dos limites das especificações. O Cp corresponde a 1,49 demonstrando boa confiança na capacidade do processo. O Cpk e ppk estão abaixo de um, esses valores indicam que o processo precise de melhorias, considerando que o processo seja incapaz e as causas assinaláveis devem ser investigadas, pois percebe-se uma não-conformidade no produto, isso pode ser explicado devido à distância ao limite superior, sendo que os

valores máximos das análises ficaram muito próximas do valor alvo (1200 mm).

Por fim, observando o relatório de capacidade do item profundidade do rebaixo, pode-se verificar o comportamento do processo em relação a este aspecto. Do ponto de vista dos requisitos da norma ABNT NBR 14715-1:2010, os limites no valor 0,60 mm e 2,50 mm são fixados, como sendo inferior e superior de especificação, respectivamente. Nessa análise, nota-se que os indicadores de capacidade, ora denominados Cpk (1,21) e Ppk (0,80) estão moderadamente inferiores aos índices Cp (1,30) e Pp (0,86), o que se traduz como o fato de que o processo não está centralizado com a nominal da especificação. Como Cpk tem valor superior a 1, o processo é considerado capaz.

Após a aplicação das cartas obteve-se um melhor diagnóstico sobre o processo. Logo, foi possível montar para a empresa um plano de melhoria/ação, utilizando a ferramenta 5W1H, nesse caso excluiu-se a questão do custo de cada ação, pois essa análise fica a sob análise da empresa. As ações foram elaboradas especificamente para cada requisito de qualidade que o produto tem que atender, fazendo com que ele obtenha aprovação do órgão regulamentador, nesse caso a norma da ABNT 14.715:2001. Tal ferramenta fornece ao nível gerencial um método de planejamento para implementação das ações necessárias, visando a busca da melhor qualidade do seu produto.

5 CONCLUSÕES

Após a aplicação das cartas obteve-se um melhor diagnóstico sobre o processo local. Logo, foi possível montar para a empresa um plano de melhoria. Nesse aspecto, as ações foram elaboradas especificamente para cada requisito de qualidade que o produto tem que atender, fazendo com que ele obtenha aprovação do órgão regulamentador.

Dos requisitos de qualidade estudados o único gráfico que não está sob controle estatístico é o item "Profundidade de Rebaixo", pois ele apresentou alguns pontos foras dos limites gerados no software Minitab. Porém vale ressaltar que os limites inferiores e superiores gerados são diferentes dos limites que a especificação exige, ou seja, apesar de não estarem sob controle estatístico, eles estão dentro da especificação exigida. Entretanto, mesmo atendendo à norma da ABNT, esse critério apresenta uma não-conformidade, e para isso há uma necessidade de fazer uma melhor análise e estudo sobre as melhorias cabíveis.

Apesar de apenas um item se comportar fora do controle estatístico, alguns gráficos indicaram a presença de causas assinaláveis e/ou especiais, e para isso montou-se um Diagrama de Causa e Efeito, a partir destes foi elaborado um plano de

ação com o objetivo de dar um direcionamento sobre as ações a serem implementadas na empresa, sendo que as ações geradas proporcionem melhorias a todos os critérios analisados nesse estudo, a fim de atingir melhorias no processo produtivo.

REFERÊNCIAS

- [1] MADANHIRE, I.; MBOHWA, C. Statistical Process Control (SPC) Application in a Manufacturing Firm to Improve Cost Effectiveness: Case study. Proceedings... International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Kuala Lumpur, Malaysia, 2016.
- [2] ALVARENGA, T. H. P.; ABREU, A. J.; PIEKARSKI, C. M.; BITTENCOURT, J. V. M.; MATOS, E. A. S. A. Statistical process control (spc): a control tool against waste of inputs in brazilian dairy. Independent Journal of Management & Production (IJM&P), v. 5, n. 1, 2014.
- [3] SOUZA, A. M.; RIGÃO, M. H. Identificação de variáveis fora de controle em processos produtivos multivariados. Produção, v. 15, n. 1, p. 74-86, 2005.
- [4] OLIVEIRA, F.; BORGES, L.; MELO, E.; BARROS, M. Características mineralógicas e cristalográficas da gipsita do Araripe. Holos, v. 5, n. 28, p. 71 – 82, 2012.
- [5] BARBOSA, A. A.; FERRAZ, A. V.; SANTOS, G. A. Caracterização química, mecânica e morfológica do gesso β obtido do pólo do Araripe. Cerâmica, v. 60, p. 501-508, 2014.
- [6] MONTGOMERY, D. C. Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade - 7ª Ed. LTC: 2016.
- [7] FOURNIER, B.; RUPIN, N.; BIGERELLE, M.; NAJJAR, D.; IOST, A. Application of the generalized lambda distributions in a statistical process control methodology. Journal of Process Control, v. 16, n. 10, p.1087-1098, 2006.
- [8] SANTOS, P. V. S. Aplicação do overall equipment effectiveness no sistema produtivo de uma vinícola. NAVUS Revista de Gestão e Tecnologia, v. 10, p. 01-14, 2020.
- [9] LAM, Y; C.; SHAMSUZZAMAN, M.; ZHANG, S.; WU, Z. Integrated control chart system—optimization of sample sizes, sampling intervals and control limits, International Journal of Production Research, v. 43, n. 3, p. 563-582, 2005.
- [10] RIBEIRO, J. L. D.; CATEN, C. S. T. Controle Estatístico do Processo. Série monográfica Qualidade. FEENG/UFRGS: Porto Alegre, 2012.
- [11] CAROLAN, C. A.; KROS, J. F.; SAID, S. E. Economic design of Xbar control charts with continuously variable sampling intervals, Quality and Reliability Engineering International, v. 26, n. 3, p. 235-245, 2009.
- [12] SOARES, G. M. V. P. P. Aplicação do Controle Estatístico de Processos em Indústria de Bebidas: um estudo de caso. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis: UFSC, 2000.
- [13] ROTONDARO. R. et al. Seis Sigma: Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços. São Paulo: Atlas, 2002.
- [14] KANE, V. E. Process capability indices. Journal of Quality Technology, v. 18, n. 1, p. 41-52, 1986.
- [15] MACHADO, W. R. B.; SANTOS, P. V. S. Mensuração da capacidade do processo de beneficiamento de uva de mesa em um packing house: estudo de caso em uma empresa no Vale do São Francisco. NAVUS Revista de Gestão e Tecnologia, v. 10, p. 01-15, 2020.
- [16] MINITAB. **Cartas de controle de variáveis no Minitab**. 2022. Disponível em: <<https://support.minitab.com/ptbr/minitab/18/hel p-and-how-to/quality-andprocessimprovement/controlcharts/support ing-topics/understanding-variables-control-charts/variables-control-charts-in-minitab/>>. Acesso em: 15 jun. 2022.
- [17] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14715-1:2010** - Chapas de gesso para drywall - Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2001.
- [18] FERNANDES, Ciro Henrique de Araújo et al. Aplicação da metodologia DMAIC para redução dos desperdícios em uma indústria de gesso do interior de Pernambuco, Brasil. **Navus - Revista de Gestão e Tecnologia**, [S.l.], v. 11, p. 01-19, 2021.
- [19] CONCEIÇÃO, L. S.; FERRAZ, A. V.; PEREIRA RAMOS, RODRIGO; BÁRBARA DE SOUZA SILVA, YASMIN; DOS SANTOS COSTA, DANIEL. Application of bromocresol purple dye for plaster drying time determination. **Construction and Building Materials**, v. 278, p. 122378, 2021.