

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAROLINA STIEGLER JURKEVICZ

**APLICAÇÃO DOS ÍNDICES DE CAPABILIDADE NO ESTUDO DE COEFICIENTE
DE ATRITO DE EMBALAGENS FLEXÍVEIS**

LONDRINA – PR

2021

Carolina Stiegler Jurkevicz

Aplicação dos índices de capacidade no estudo de coeficiente de atrito de embalagens flexíveis

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof^a. Dr^a. Silvia Priscila Dias Monte Blanco.

LONDRINA - PR

2021

CAROLINA STIEGLER JURKEVICZ

**APLICAÇÃO DOS ÍNDICES DE CAPABILIDADE NO ESTUDO DE COEFICIENTE
DE ATRITO DE EMBALAGENS FLEXÍVEIS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação para
obtenção do título de bacharel em Engenharia
Química da Universidade Tecnológica Federal do
Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 10 de agosto de 2021

Prof^a. Dra^a. Silvia Priscila Dias Monte Blanco
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Prof^a. Dra^a. Sidmara Bedin

Leonardo Prado
Amcor Flexibles Brasil

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me proporcionar perseverança em toda a minha vida e por todas as oportunidades.

Aos meus pais Anderson e Maria, ao meu irmão Eduardo e ao meu namorado Dimitri que sempre estiveram ao meu lado me apoiando ao longo de toda a minha trajetória.

Agradeço a minha orientadora Silvia por aceitar conduzir o meu trabalho, pelas correções e incentivo.

A todos os meus professores do curso de Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná pela excelência da qualidade técnica de cada um.

A todos os meus amigos do curso de graduação que compartilharam dos inúmeros desafios que enfrentamos, sempre com o espírito colaborativo.

A todos os meus amigos fora da graduação que contribuíram de forma direta e indireta para esse trabalho.

Por fim, agradeço a empresa em que foi realizada o estágio por todo incentivo, pelas correções e apoio.

RESUMO

JURKEVICZ, Carolina S. **Aplicação dos índices de capacidade no estudo de coeficiente de atrito de embalagens flexíveis**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Departamento Acadêmico de Engenharia Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2021.

Nos últimos anos, observa-se um aumento considerável de produção e comercialização de embalagens flexíveis decorrente do seu baixo custo, sua praticidade e durabilidade. Portanto, faz-se necessário que todos os processos estejam funcionando corretamente para garantir um serviço de alta qualidade. A implantação de um sistema de gestão da qualidade é uma forma de tornar o processo produtivo mais rigoroso e permite a otimização do processo produtivo. Uma das técnicas principais aplicadas no sistema de controle de qualidade é a análise de capacidade. Visando a melhoria contínua do processo de produção, o presente trabalho aplicou a análise de capacidade nos valores de coeficiente de atrito (COF), especificamente para o Cliente (I), devido às recorrências no número de reclamações, avaliaram-se as variáveis que pudessem influenciar na característica de COF. Concluiu-se que o excesso de tensão aplicado na enroladeira da bobina na etapa de extrusão estava influenciando diretamente na migração dos aditivos deslizantes e, conseqüentemente, nos valores de COF. De acordo com os dados obtidos nas análises, e verificando as datas dos lotes reclamados pelo Cliente (I), a diminuição do tensionamento acarretou em resultados satisfatórios para a característica de COF nas embalagens.

Palavras-chave: embalagens, capacidade, coeficiente de atrito, difusão, aditivos, tensionamento.

ABSTRACT

JURKEVICZ, Carolina S. **Application of capability indices in the study of coefficient of friction of flexible packaging**. 2021. Term Paper (Graduate) - Academic Department of Chemical Engineering, Federal Technological University of Paraná. Londrina, 2021.

In recent years, there has been a considerable increase in the production and sale of flexible packaging due to its low cost, practicality and durability. Therefore, it is necessary that all processes are working correctly to guarantee a high-quality service. The implementation of a quality management system is a way to make the production process more rigorous and allows the optimization of the production process, one of the main techniques applied in the quality control system is the capability analysis. Aiming at continuous improvement, this work applied the capability analysis on the coefficient of friction (COF) values, specifically for the Customer (I), due to the recurrences in the number of complaints and evaluated the variables that could influence the characteristic of COF. It was concluded that the excess tension applied to the coil winder in the extrusion stage was directly influencing the migration of slip additives, and, consequently, the COF values. According to the data obtained in the analyses, and checking the dates of the batches claimed by the Client (I), the reduction in tension resulted in satisfactory results for the COF characteristic in the packages.

Keywords: packaging, capability, coefficient of friction, migration, additives, tensioning

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Processo produtivo das embalagens flexíveis	16
Figura 2 - Processo de Extrusão.....	17
Figura 3 - Processo de Impressão na Rotogravura.....	18
Figura 4 - Processo de Impressão na Flexografia.....	18
Figura 5 - Migração das amidas no filme	20
Figura 6 - Trenó - equipamento de leitura de COF.....	22
Figura 7 - Distribuição dos dados para a análise de capacidade.....	24
Figura 8 - Análise da distribuição dos dados.....	25
Figura 9 - Análise de capacidade anterior ao estudo de caso (corte).....	32
Figura 10 - Análise de capacidade (extrusão)	34
Figura 11 - Análise de capacidade (corte).....	34
Figura 12 - Rastreabilidade das ordens reclamadas	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise dos indicadores para cada mercado.....	13
Tabela 2 - Consumo de embalagens flexíveis.....	15
Tabela 3 - Relação do nível sigma com a quantidade de defeitos por milhão	27
Tabela 4 – Limites superiores e inferiores do COF	31
Tabela 5 - Probabilidade de desvio para cada etapa	35
Tabela 6 - Quantidade de Reclamações do Cliente I por mês	36
Tabela 7 - Datas de produção dos lotes reclamados	38

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1. Empresa	12
2.2. Setor de Qualidade	13
2.3. Embalagens Flexíveis	14
2.4. Processo Produtivo	16
2.5. Coeficiente de Fricção (COF)	19
2.6. Análise de Capabilidade	22
3. METODOLOGIA	29
3.1. Configurações MiniTab.....	29
4. DESENVOLVIMENTO.....	31
5. CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAS.....	40
ANEXO A – CONFIGURAÇÕES DO SOFTWARE.....	42

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a qualidade deixou de ser um diferencial e passou a ser um dos pré-requisitos essenciais em diversos setores da economia. A qualidade está ligada a todos os processos organizacionais que requerem envolvimento global em vários níveis da organização, evoluindo conceitualmente o controle interno e a tomada de decisões visando a melhoria contínua e a manutenção que mantêm a organização funcionando (BAMFORD et al., 2005).

O departamento de qualidade é responsável pelo produto final que o cliente recebe e deve garantir que o produto esteja em conformidade com os parâmetros de qualidade pré-estabelecidos. Portanto, se faz necessário garantir que todos os processos estejam funcionando corretamente, auxiliando na redução dos custos e estabelecendo os critérios essenciais para revisão e aprovação de processos. Um serviço de alta qualidade é essencial para criar um processo de produto otimizado.

A implantação de um sistema de gestão da qualidade é uma forma de tornar o processo produtivo mais rigoroso e permite a otimização do processo produtivo. O foco na qualidade e produtividade está claramente relacionado à economia de custos, identificação e redução de perdas em processo, aumento da competitividade e atenção às necessidades do cliente. Uma das principais técnicas aplicadas neste sistema de gestão da qualidade é a análise de cababilidade (COSTA et al., 2012).

A análise de capacidade é uma das técnicas principais aplicadas dentro desse sistema de controle de qualidade. Essa análise fornece informações sobre a capacidade do processo de entregar produtos de acordo com as especificações do cliente. O gráfico gerado pela análise representa onde o processo deveria estar caso não houvesse nenhuma fonte de variação capaz de afetar o processo, e os limites de controle, que são determinados através do especificado pelo cliente (MONTGOMERY, 2009).

Como resultado, tem-se que encontrar cada vez mais formas de otimizar os processos e reduzir custos ao máximo. No entanto, não é suficiente focar em um processo enxuto e otimizado, além disso, o produto deve atender às especificações do cliente, interna ou externamente (AIAG, 2005).

Diante do exposto, esse trabalho visa a aplicação da análise de capacidade na busca da melhoria contínua dos valores do coeficiente de atrito nas embalagens flexíveis para o Cliente (I), pelo fato do coeficiente de atrito quando fora do padrão

estabelecido pode acarretar em sérios desvios na linha de envase. Dessa forma, o estudo da capacidade possibilita a otimização desse processo, conseqüentemente, a diminuição das não conformidades.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Empresa

A empresa em que foi realizado o estudo de caso surgiu na década de 1860 no ramo de produção de papel. Nas décadas de 1970 e 1980, a empresa adicionou uma gama de interesses de embalagens diversas às suas atividades tradicionais de fabricação de papel, levando a alteração do seu nome visando refletir a ampliação de interesses da empresa frente as atividades tradicionais de fabricação de papel e celulose.

Em julho de 2002, adquiriu-se negócios de embalagens rígidas e tampas, tornando-a a maior fabricante de embalagens PET (tereftalato de polietileno) do mundo. Em 2010, a empresa revelou o seu novo pod para refletir o nascimento de um novo ideal, as cores desse novo pod foram escolhidas com base nas práticas sustentáveis. O pod consiste em cinco anéis que simbolizam os cinco valores fundamentais da empresa e a colaboração entre colegas de trabalho, clientes e comunidades. Os cinco valores consistem em segurança, integridade, colaboração, prestação de contas (se concentrar no que é importante e assumir a responsabilidade por uma execução perfeita) e em resultados e desempenho superior.

Em 2019 adquiriram uma empresa que estava entre as maiores empresas do gênero no mundo gerenciando a vida útil de seus produtos, desde o algodão até a sacola acabada. A combinação dessas duas indústrias complementares gerou atualmente a liderança global em embalagens de consumo.

Atualmente a empresa está presente em mais de 40 países empregando aproximadamente 47.000 funcionários e tem um valor de mercado de US\$16,62 bilhões, sendo a líder global no desenvolvimento e produção de embalagens para alimentos, bebidas, produtos farmacêuticos, médicos, cuidados domésticos e pessoais e outros produtos.

Em 2021 a empresa foi reconhecida por liderar o caminho da sustentabilidade, que inclui a redução da intensidade de suas emissões de gases de efeito estufa em 36% desde 2006. A empresa também tem liderado a indústria de embalagens criando designs inovadores que utilizam mais o material reciclado, tendo como o compromisso de tornar 100% de suas embalagens reutilizáveis ou recicláveis até 2025.

2.2. Setor de Qualidade

O departamento de qualidade na empresa em que foi realizado o estudo de caso é responsável pelo produto final recebido pelo cliente e deve garantir que o produto esteja de acordo com os parâmetros de qualidade pré-estabelecidos. De forma a avaliar se os produtos finais estão atendendo as expectativas dos clientes, é realizada a análise de alguns indicadores, sendo eles o GQC (baseado na quantidade de devolução pela quantidade faturada – Equação 01) e o QIFR (analisa o número de reclamações com base na quantidade de entregas daquele material – Equação 02).

$$GQC = \frac{\text{Devolução (U\$)}}{\text{Faturamento (U\$)}} \times 100 \quad (01)$$

$$QIFR = \frac{(\text{Total de entregas} - \text{Quantidade de reclamações})}{\text{Total de entregas}} \quad (02)$$

Na Tabela 1, tem-se como é realizada a análise desses indicadores para cada mercado.

Tabela 1 - Análise dos indicadores para cada mercado

Mercado	ID	Ano fiscal - 20/21	2020	2021	mai/21	jun/21
Mercado 1	Devolução R\$	Soma das dev. do ano fiscal (jul/20 – jun/21)	Soma das dev. do ano de 2020	Soma das dev. do ano de 2021	Dev 1 (R\$)	Dev 2 (R\$)
	Devolução Kg	Soma das dev. em Kg	Soma das dev. em Kg	Soma das dev. em Kg	Dev 1 (Kg)	Dev 2 (Kg)
	Faturamento R\$	Soma do Faturamento	Soma do Faturamento	Soma do Faturamento	Fat 1 (R\$)	Fat 2 (R\$)
	Base conversão Dolar US\$	Conversão p/ dólar	Conversão p/ dólar	Conversão p/ dólar	Conversão p/ dólar	Conversão p/ dólar
	Faturamento U\$	Soma fat. Em dólar	Soma fat. Em dólar	Soma fat. Em dólar	Fat 1 (U\$)	Fat 2 (U\$)
	Devolução U\$	Soma dev. em dólar	Soma dev. em dólar	Soma dev. em dólar	Dev 1 (U\$)	Dev 2 (U\$)
	GQC	Cálculo GQC	Cálculo GQC	Cálculo GQC	Cálculo GQC	Cálculo GQC
	Meta	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
	Desvio	Desvio da meta	Desvio da meta	Desvio da meta	Desvio da meta	Desvio da meta

Tabela 1: Continuação – Análise dos indicadores para cada mercado

Mercado	ID	Ano fiscal - 20/21	2020	2021	mai/21	jun/21
Mercado 1	Reclamações	Soma reclamações ano fiscal	Soma reclamações 2020	Soma reclamações 2021	Qtd. Reclamações 1	Qtd. Reclamações 2
	Total de Entregas	Soma qtd de entregas ano fiscal	Soma qtd de entregas 2020	Soma qtd de entregas 2021	Qtd. Entregas 1	Qtd. Entregas 2
	QIFR	Cálculo QIFR	Cálculo QIFR	Cálculo QIFR	Cálculo QIFR	Cálculo QIFR
	Meta	97,5%	97,5%	97,5%	97,5%	97,5%
	Desvio	Desvio da meta	Desvio da meta	Desvio da meta	Desvio da meta	Desvio da meta

Fonte: Próprio autor (2021).

Portanto, é essencial verificar se todos os processos estão funcionando corretamente, e o estabelecimento de um sistema de gestão de qualidade é um meio para tornar o processo produtivo. A atenção à qualidade e produtividade auxilia na redução dos custos, estabelece critérios-chave para revisão e na aprovação de processos, influenciando diretamente na redução dos indicadores de qualidade.

2.3. Embalagens Flexíveis

A embalagem é uma estrutura externa modelada de acordo com o tamanho do produto e tem como objetivo proteger e armazenar adequadamente o produto, longe do contato com o meio ambiente. Além disso, existe uma conexão entre a embalagem e o produto, pois o produto não é considerado independente da embalagem (YOSHIMOTO, 2010).

Existem diversos tipos de materiais usados nas embalagens, incluindo vidro, metal, madeira, papel e plástico. Decorrente disso, as embalagens são classificadas em três categorias, as flexíveis, semi-flexíveis e as rígidas. Dentre elas, destacam-se as embalagens flexíveis. A sua utilização começou com os chineses, eles utilizavam folhas tratadas de amoreira, casca para embrulhar alimentos por volta do primeiro ou segundo século a.C. Durante os séculos seguintes, os chineses também desenvolveram e aperfeiçoaram as técnicas de papel, o conhecimento de como fazer papel gradualmente foi transferido para o oeste através da Ásia e para a Europa. Em 1310, o papel foi introduzido para Inglaterra e a técnica chegou à

América em Germantown, Pensilvânia, em 1690. Depois, com o advento do plástico como um significativo apelo na embalagem (final 1970 e início de 1980), o papel e seus produtos relacionados foram substituídos, em muitas utilizações (MODENAPAK, 2017).

As embalagens flexíveis podem conter sólidos ou líquidos de diferentes volumes, formas e tamanhos por meio de estruturas feitas de diferentes tipos de materiais. Geralmente são sintetizadas a partir do plástico, esse é feito de materiais mais leves, podendo, dessa forma, a embalagem ser moldada em diferentes formatos, sendo conveniente, moderna, durável e feita de materiais mais baratos. Logo, quando se trata de embalagens plásticas, deve-se considerar que as mesmas são constituídas, basicamente, por filmes plásticos que, em sua maioria, são compostos por polímeros formados pela união de substâncias simples chamadas de monômeros. A produção destes filmes, pode ser realizada de diversas formas, distinguindo-se entre si de acordo com a necessidade de cada produto (MODENAPAK, 2017).

Nos últimos anos segundo a ABIEF (Associação Brasileira da Indústria de Embalagens Flexíveis), houve um aumento considerável de produção e comercialização de embalagens flexíveis, conforme pode ser observado na Tabela 2. Este fato pode ser explicado pelo baixo custo das embalagens, sua praticidade e disponibilidade de diferentes resinas no mercado, além de proporcionar rapidez no processo de envase e facilitar o transporte

Tabela 2 - Consumo de embalagens flexíveis

Desempenho mercado de embalagens flexíveis - 2020				
	Produção	Consumo aparente	Importação	Exportação
Volume 1T	487	474	15	27
Volume 2T	480	470	16	27
Variação 2T 20/1T 20	-1,3%	-1,0%	+12%	-1%
Volume 1S 20	967	944	31	54

Fonte: Relatório – ABIEF (2020).

Em um estudo realizado com a ABIEF no ano de 2020, foi observado uma tendência de aumento no consumo de embalagens conforme listado abaixo:

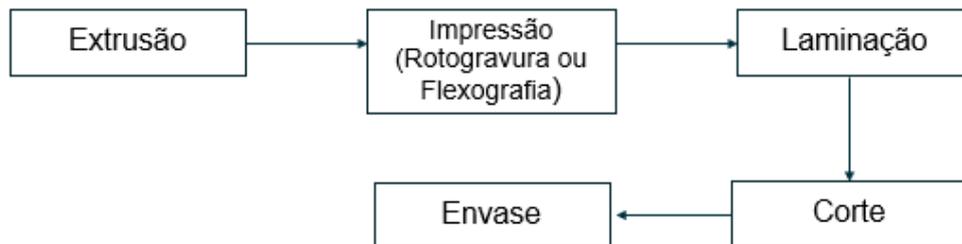
- a) Alta de 5,4% no volume produzido em comparação ao ano anterior, com 2,088 milhões de toneladas;

- b) Alta de 30% no faturamento, alcançando o patamar dos R\$ 27,7 bilhões;
- c) Alta no consumo aparente, de 7,2% em relação ao ano anterior (salto de 1,910 milhão de toneladas em 2019 para 2,046 milhões de toneladas);
- d) Alta de 7,3% no consumo *per capita* de embalagens plásticas flexíveis em relação ao ano anterior (de 9,1 kg/habitante em 2019 para estimados 9,7 kg/habitante em 2020).

2.4. Processo Produtivo

Neste trabalho, serão estudados filmes do tipo flexíveis. Seu processo produtivo inicia-se dentro de uma máquina extrusora com os pellets de resinas que compõem o filme. Em seguida o filme extrusado passa pelo processo de laminação, impressão e corte para ser entregue ao cliente. Na Figura 1 tem-se, de forma simplificada, as etapas para a fabricação de embalagens feitas a partir de filmes flexíveis.

Figura 1 - Processo produtivo das embalagens flexíveis

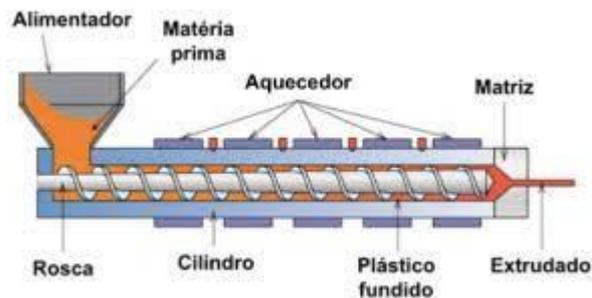


Fonte: Próprio autor (2021).

A extrusão é o processo de conformação do plástico. Uma extrusora é constituída basicamente de um eixo com um fuso helicoidal, também chamado de rosca de extrusão, responsável pelo transporte, mistura e plastificação do material polimérico, e um cilindro metálico aquecido por resistências elétricas, conforme pode ser observado na Figura 2. A rosca é movimentada por um conjunto mecânico e elétrico, constituído por um motor de alta potência e uma caixa de redução conectado a extremidade traseira do equipamento, e uma matriz conectada na parte dianteira do equipamento, o qual é responsável pela conformação do material. Ou seja, é o processo de produção de filmes e chapas em que grânulos de plástico são expostos à altas temperaturas e pressões em embalagens flexíveis. O material

plástico sai então da extrusora em forma de filme plástico ou folha dimensionada de acordo com o molde (POÇAS et al., 2013).

Figura 2 - Processo de Extrusão

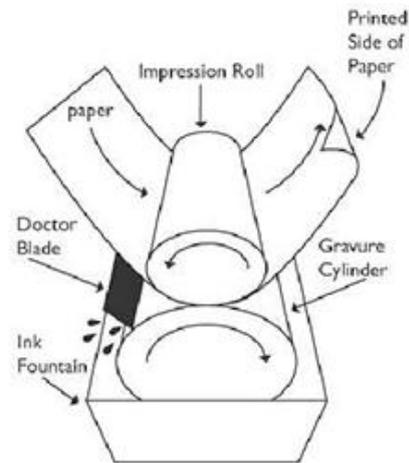


Fonte: ByEngenharia (2019).

O processo de laminação na síntese de embalagens flexíveis é realizado por meio da combinação de diferentes substratos, efetuando-se a união entre duas ou mais estruturas através de adesivo para agregar valor à embalagem, além de acrescentar barreira e brilho ao impresso. Esta etapa pode ocorrer em alguns casos juntamente com o processo de impressão, dependendo de qual maquinário é utilizado (POÇAS et al., 2013).

Na etapa de impressão, tem-se que o processo pode ser realizado na rotogravura ou na flexografia. A rotogravura é um processo de impressão em que são utilizados diversos cilindros que possuem perfurações que transferem a tinta para a embalagem. Esta técnica também pode ser chamada de sistema de baixo relevo, visto que, como explicado anteriormente, a imagem na matriz permanece em relevo mais baixo que a superfície do cilindro, como é exemplificado na Figura 3 (SILVA, 2020).

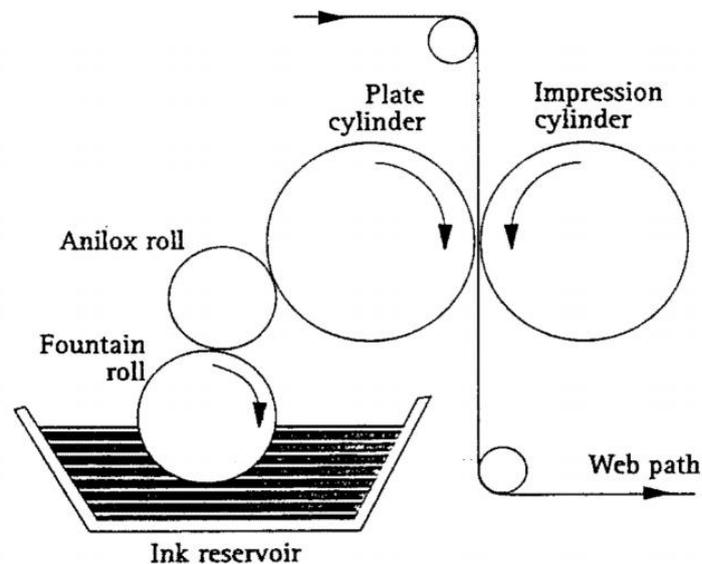
Figura 3 - Processo de Impressão na Rotogravura



Fonte: SILVA, N. (2020)

O processo de flexografia consiste em uma forma de impressão que é feita através de uma chapa que possui relevo, essa é constituída por uma borracha denominada clichê. A área que será impressa é colocada em relevo e no momento da impressão somente as áreas em alto relevo recebem tinta, as demais, por serem mais baixas, não recebem a impressão. O processo de impressão é exemplificado na Figura 4 abaixo (SILVA, 2020).

Figura 4 - Processo de Impressão na Flexografia



Fonte: SILVA, N. (2020)

Uma vez produzidas, as embalagens plásticas flexíveis são utilizadas em

vários ramos e, em todos eles, para que sejam consideradas embalagens de qualidade, é necessário que atendam as performances mínimas de qualidade específicas de cada setor, sendo essas a resistência a tração, resistência ao rasgo, alta força de laminação, resistência a perfuração, alta força de selagem e coeficiente de atrito dentro do range especificado pelo cliente.

2.5.Coefficiente de Fricção (COF)

A variável a ser avaliada nas análises de capacidade será o coeficiente de fricção, o qual está relacionado às propriedades de deslizamento do filme plástico sendo importante em aplicações de embalagens. O coeficiente de fricção, também denominado de coeficiente de atrito, é definido como a razão entre a força de atrito e a força que atua perpendicularmente em duas superfícies em contato (geralmente a gravitacional). Ou seja, é um coeficiente adimensional que expressa a oposição que mostram as superfícies de dois corpos em contato ao deslizar um em relação ao outro. Este coeficiente é uma medida da dificuldade relativa de uma superfície de material quando ela flui sobre superfícies adjacentes do mesmo ou de materiais diferentes. O coeficiente de atrito estático ou inicial se refere à força medida para iniciar o movimento entre as superfícies. A cinemática ou coeficiente de atrito deslizante se refere à força medida para manter esse movimento (CRUZ, 2016).

O coeficiente de atrito do material analisado deve atender às especificações do equipamento de corte, impressão e envase (máquina do cliente). Este parâmetro é avaliado em uma escala de 0 a 1 e quanto mais próximo o material estiver de 1, maior será a força de atrito e mais próxima será a força normal. Portanto, quanto mais alto for o valor de COF, maior será a força necessária para o material se mover e deslizar na máquina. Quando o COF difere dos padrões estabelecidos para filmes de embalagem, surgem os seguintes problemas graves durante o processo de envase:

- a) COF baixo: o material escorrega mais do que o necessário, perdendo o envase e podendo ocasionar grandes perdas no lote;
- b) COF alto: o material bloqueia a máquina e impede que o processo seja executado continuamente.

De forma a interferir e corrigir o coeficiente de fricção das embalagens, na estocagem é aplicado na superfície do filme um material denominado de anti-block,

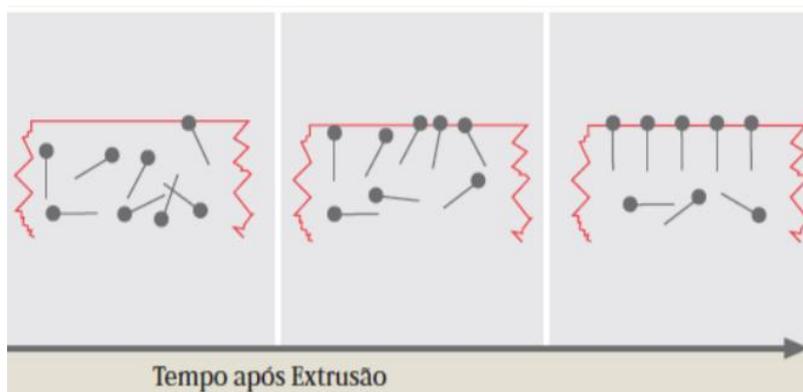
responsável por fazer com que os filmes, após o corte, não se aglomerem em blocos (blocagem) enquanto estão armazenados em bobinas. Além disso, em certos casos, para o controle do atrito, utilizam-se aditivos (silicone ou erucamida) na composição dos filmes durante a etapa de extrusão, sendo uma prática primordial para o bom deslizamento dos filmes nas máquinas (WYPYCH, 2011).

Segundo Sarantópoulos (2002), os aditivos deslizantes são substâncias químicas, geralmente provenientes de ácidos graxos, que são misturados aos polímeros para formar uma camada superficial fina e diminuir o coeficiente de fricção dos filmes, facilitando seu deslizamento.

As propriedades de deslizamento são geradas por aditivos em algumas películas de plástico como, por exemplo, o polietileno. Esses aditivos variam em grau de compatibilidade com a matriz do filme para poder migrar para superfície após o processo de coextrusão. Os aditivos polares podem interagir com amidas e retardar a taxa de migração para a superfície. Por outro lado, outros aditivos podem subir a superfície, tornando-o mais escorregadio, esse processo se denomina migração, uma vez que esses aditivos apresentam uma extremidade polar e outra apolar, depois de um determinado tempo, o aditivo migra para a superfície do filme. Sobre a superfície do filme, forma-se camadas de aditivos ordenadas, fazendo com que o coeficiente de fricção do mesmo diminua (WYPYCH, 2011).

Os valores desses testes podem ser limitados em termos de reprodutibilidade, pois esse comportamento nem sempre é uniforme em todas as áreas da superfície do filme (CRUZ, 2016). O processo de migração dos aditivos nos polímeros utilizados para a fabricação das embalagens flexíveis é apresentado na Figura 5.

Figura 5 - Migração das amidas no filme



Fonte: PIVA, A. (2014)

A migração envolve a transferência de substâncias da embalagem para os alimentos. Esta questão é muito interessante e importante, pois a migração de alguns aditivos pode resultar em perda de propriedades sensoriais e toxicológicas, ou propriedades do material de embalagem (POÇAS et al., 2013).

A migração de um material plástico para gêneros alimentícios, em geral, obedecem à lei da difusão de Fick (SILVA et al., 2003). A partir do gradiente de concentração, observa-se uma nítida relação entre causa e efeito. Para a causa: diferença de concentração do soluto, existe o efeito da transferência de massa. A diferença de concentração do soluto, enquanto causa, traduz-se em “força motriz”, necessária ao movimento da espécie considerada de uma região à outra (CREMASCO, 1998).

Outros fatores também podem interferir nos valores de COF, tais como:

- a) Tensionamento excessivo da bobina - Pressão ou uma forte tensão aumentam o contato entre as faces do filme e faz com que o processo de difusão seja menos restrito pelas barreiras relacionadas à superfície do material;
- b) Migração de aditivo da face interna (com maior concentração de aditivo) para a face externa (com menor concentração de aditivo), por contato direto no embobinamento;
- c) Perda de aditivo para o adesivo de laminação;
- d) Temperatura ambiente elevada, acelerando a perda do aditivo por contato e/ou evaporação - Temperaturas de fabricação, estocagem e uso do material influenciam a taxa de difusão de componentes migratórios porque a temperatura aumenta o movimento Browniano, reduzindo a viscosidade e a efetividade da ligação de hidrogênio.

Pesquisas e avaliações de COF por fabricantes de filmes são normalmente feitas pacote por pacote usando um testador de fricção. Um dos métodos de ensaio pode ser executado numa máquina universal de ensaios, onde um dispositivo com um peso e formato padrão, conhecido como trenó, é utilizado para deslizar a amostra sobre uma superfície específica. O sistema é montado de tal forma que o trenó com a amostra é posicionado sobre a superfície de teste, e é deslocado através de um cabo pela travessa móvel da máquina universal de ensaios. O trenó (Figura 6) então percorre uma determinada distância com uma velocidade

específica, ambas de acordo com a norma utilizada como referência. Como, por exemplo, a norma ASTM 1894, que adota como velocidade do ensaio 150 mm/min, até que o deslocamento complete 130 mm. Alguns fatores podem afetar o resultado do ensaio como, por exemplo, a velocidade de teste, a calibração da célula de carga, a inclinação da superfície de teste, dentre outros. (AFINKOPOLÍMEROS, 2021).

Figura 6 - Trenó - equipamento de leitura de COF



Fonte: AFINKOPOLÍMEROS (2021).

2.6. Análise de Capabilidade

Segundo Gonzalez e Werner (2009), existem dois tipos de variabilidade do processo: controle estatístico e controle não estatístico. O primeiro procedimento lida com processos que têm apenas causas comuns ou aleatórias de variação, e o segundo lida com causas especiais de variação além das causas comuns de variação.

Em outras palavras, Montgomery (2009) afirma que independentemente do processo de fabricação, mesmo que estritamente controlado, o processo possui variações inerentes ou naturais. As oscilações naturais, ou "ruído ambiente", são causadas pelo acúmulo de pequenos desvios no processo. Isso é referido no controle de qualidade estatístico como um "sistema estável de causas comuns". Os sistemas que têm apenas causas comuns de mudança são classificados como sob controle estatístico, portanto, as causas comuns são específicas do processo.

Outras formas de variação podem ocorrer como resultado do processo. Essa variação geralmente pode ser causada por três fatores: configurações ou controles

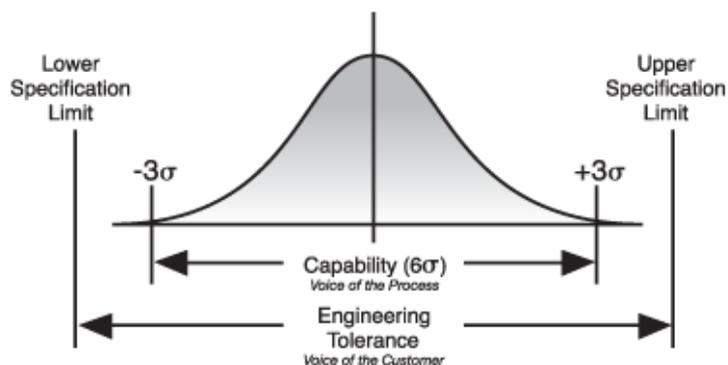
inadequados da máquina, erro do operador ou matérias-primas defeituosas. Essa variação é muito maior do que o ruído ambiente e geralmente resulta em níveis de desempenho inaceitáveis para o processo. Esta última variação mencionada não faz parte do modelo de causa aleatória, mas é conhecida como causa especial de volatilidade. Se um processo tem uma causa específica para mudança, ele é classificado como fora de controle (MONTGOMERY, 2009).

Os processos de fabricação normalmente operam por um longo período de tempo sob controle estatístico, mas o processo não pode ser permanentemente estável. Na verdade, certas causas surgem sem aviso, desviando do controle para a perda de controle, fazendo com que a saída de um produto ou processo não atenda às especificações do cliente ou projeto (MONTGOMERY, 2009).

Uma das principais técnicas de monitoramento e controle de processos é a análise volumétrica. Este é um procedimento para avaliar as condições do processo para atender às especificações das características de qualidade de um determinado produto. Em outras palavras, é necessário realizar a análise da estabilidade e volatilidade do processo, mas também determinar a posição do processo em relação aos limites e centros do campo de tolerância da característica de interesse. Portanto, como a pesquisa de capacidade do processo visa determinar o comportamento de um processo (existente ou desejável), as tolerâncias do projeto do produto podem ser atendidas com os recursos disponíveis, ou especificações (MONTGOMERY, 2009).

A Figura 7 mostra a análise de capacidade a partir da distribuição de dados obtidos de uma amostra. Observa-se a facilidade de visualizar como as variações influenciam no resultado final do produto e controlar o processo por meio desta análise.

Figura 7 - Distribuição dos dados para a análise de capacidade

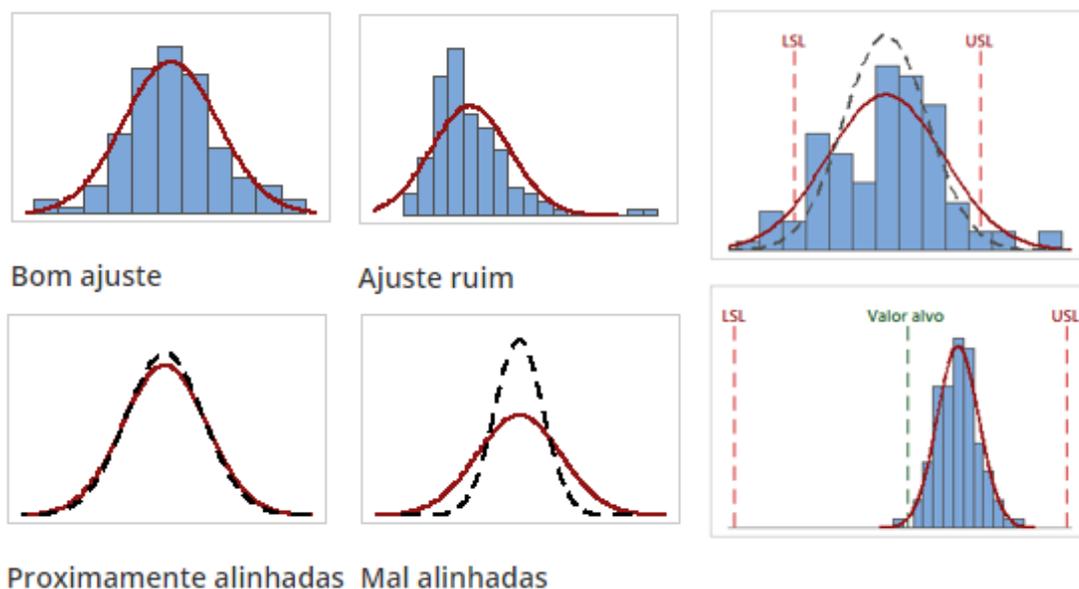


Fonte: SACRAMENTO, 2015.

Ao analisar a Figura 7, é possível garantir que os dados coletados estão dentro dos limites inferior e superior para que o processo atenda às especificações do cliente. Nesse estado, o processo é estável e suas flutuações são a causa geral específica do processo. Então é possível medir a capacidade do processo. Essa medida está relacionada à taxa de rejeição de produtos que não atendem às especificações do projeto.

A Figura 8 mostra a distribuição desejada para que o processo seja considerado estável. Para que um processo seja considerado competente, ou seja, para produzir a qualidade desejada, devem ser incluídos os limites da variabilidade natural do processo, ou pelo menos consistentes com os limites da especificação.

Figura 8 - Análise da distribuição dos dados



Fonte: Adaptado MiniTab, 2021

Primeiramente, deve-se avaliar se as barras do histograma apresentam muita variação em relação à curva, os dados podem ser anormais e a estimativa de capacidade pode não ser confiável para o processo. É necessário comparar a curva sólida geral com a curva tracejada para ver como elas correspondem. Diferenças significativas entre as curvas podem indicar que o processo é instável ou que o processo tem uma fonte de variação diferente da variação de subgrupo. Se o intervalo de dados for mais estreito do que o intervalo da especificação e todos os dados estiverem dentro dos limites da especificação, faz-se necessário analisar os limites superior e inferior da especificação. Dados fora dos limites de especificação indicam produtos não conformes.

A capacidade também pode ser especificada por meio de índices que quantificam o nível de desempenho do processo em atender as especificações do produto. Por meio desses índices é possível comparar processos distintos e, a partir daí, classificá-los quanto as suas capacidades. Diversos são esses índices, sendo esses:

- a) Índice de Capacidade Potencial (C_p) : é uma medida de capacidade que não considera a localização do processo no campo de tolerância do produto, nem tão pouco a nominal desse campo, necessariamente bilateral. O C_p (Equação 03) é determinado pelo quociente entre a dimensão da faixa

de tolerância especificada para o produto e a variação natural do processo, definida pela amplitude de seis desvios-padrão do processo (6σ), estatisticamente estável (BAYEUX, 2001);

$$Cp = \frac{LSE-LIE}{6\sigma} \quad (03)$$

Sendo que:

Cp - Capacidade potencial

LSE - Limite Superior Especificado

LIE - Limite Inferior Especificado

6σ – Seis Desvios-Padrão

- b) Índice de Capacidade Relativo à Localização (Cpk): esse índice considera a localização do processo (μ), sendo determinado pelo quociente da menor distância entre a média do processo e um dos limites de tolerância (o mais próximo) e a metade da faixa de variação natural do processo ($3s$) (BAYEUX, 2001). O cálculo do CPK é representado pelas Equações 04 e 05;

$$Cpk = Cp (1 - k) \quad (04)$$

$$k = \frac{2(N-\mu)}{LSE-LIE} \quad (05)$$

Sendo que:

Cpk - Capacidade Relativo à Localização

μ - Média do processo

N - Valor alvo

- c) Índice de Capacidade Relativo à Localização e à Dispersão (Cpm): esse índice considera simultaneamente a localização do processo e a dispersão em relação ao alvo. É definido (Equações 06 e 07) como o quociente entre a faixa de tolerância especificada para o produto e a faixa de variabilidade do processo, definida pela amplitude de (6σ) seis desvios-padrão em

relação ao alvo (N) (BAYEUX, 2001);

$$Cpm = \frac{LSE-LIE}{6\delta} \quad (06)$$

$$\delta = \sqrt{\sigma^2 + (\mu - N)^2} \quad (07)$$

Sendo que:

Cpm- Capacidade Relativo à Localização e à Dispersão

- d) Nível Sigma: O cálculo do sigma estimado (Equação 08) é baseado nos valores do gráfico de dispersão do gráfico de controle. Ele pode ser baseado na amplitude móvel, amplitude ou desvio padrão entre os itens de uma mesma amostra. O Nível Sigma é baseado na “quantidade de sigmas” que podem ser encaixados entre a média do processo e seu limite de especificação mais próximo (BAYEUX, 2001).

$$Nível\ Sigma = 3 \times Cpk = \min\left(\frac{LSE-Média}{\sigma}, \frac{Média-LIE}{\sigma}\right) \quad (08)$$

Sendo que:

σ – Desvios-Padrão

Quanto maior for o nível sigma menor será a variabilidade no final do processo ou no produto. Na Tabela 3 tem-se a associação de cada nível sigma com o volume de defeitos por milhão.

Tabela 3 - Relação do nível sigma com a quantidade de defeitos por milhão

Sigma Level	Defects per Miliion	Defects %
1	691462	69
2	308538	31
3	66807	6,7
4	6210	0,67

5	233	0,023
6	3,4	0,00034
7	0,019	0,0000019

Fonte: CAETREINAMENTOS (2020)

3. METODOLOGIA

Para a análise de capacidade foi utilizado o software Minitab® Statistical Software. Neste processo, foram utilizados 74 resultados de análise de COF para a etapa de corte anteriormente à realização do estudo de caso. Posteriormente ao estudo de caso foram realizadas novas análises de capacidade, dessa forma, foram analisados 134 resultados de análises de COF para a etapa de extrusão e 58 resultados para a etapa de corte. Os dados foram obtidos experimentalmente na produção de filmes plásticos flexíveis, entretanto, os dados serão mantidos em sigilo por questões de política da empresa. Desta forma, utilizou-se somente as curvas de capacidade obtidas por meio dos dados coletados.

Após a análise de capacidade realizada na última etapa do processo de produção das embalagens, verificou-se que o processo apresentava uma variação. Dessa forma, foram avaliadas as variáveis que influenciavam na característica de COF, sendo essas:

- a) Tensionamento excessivo da bobina: pressão ou uma forte tensão aumentam o contato entre as faces do filme e faz com que o processo de difusão seja menos restrito pelas barreiras relacionadas à superfície do material;
- b) Gramatura de cada camada e espessura do filme: determina a quantidade de massa presente em uma área pré-estabelecida;
- c) Quantidade de anti-block (AB): aditivo utilizado para que não haja a aderência das camadas da bobina. Este processo recebe o nome de blocagem;
- d) Quantidade de aditivo deslizante em cada camada (Slip): responsável pelo deslizamento do filme dentro dos maquinários;
- e) LayerRatio: valor total da proporção de cada resina dentro de cada camada.

3.1. Configurações MiniTab

Para a obtenção das curvas, utilizou-se a ferramenta de análises de capacidade disponível no Minitab® Statistical Software. Primeiramente os resultados de COF obtidos por meio da amostragem das bobinas pertencentes a mesma ordem de produção, retiradas em cada etapa, foram inseridos na tela inicial

do software, as configurações realizadas no software estão descritas no Anexo A.

Uma vez carregados os dados de COF na página inicial, o comando de análise de capacidade Normal foi selecionado. Em seguida, foi selecionado em que posição se iniciou a compilação dos dados inseridos e os limites inferiores e superiores especificados pelo cliente.

Após a configuração dos limites inferiores e superiores e a seleção dos dados para análise de capacidade, obteve-se o relatório de capacidade (análise de capacidade).

4. DESENVOLVIMENTO

No presente estudo de caso, tem-se como objetivo avaliar a diminuição do número de reclamações do Cliente I pelo desvio de COF fora do especificado. Dessa forma, realizou-se análises de capacidade para verificar a variação dos valores do coeficiente de atrito ao longo do processo analisando cada variável que influencie, visando garantir dessa forma que a etapa final (corte) atenda as especificações determinadas pelo Cliente I.

Neste estudo de caso, realizou-se uma análise de capacidade na última etapa do processo de produção (corte) e na etapa de extrusão, em que os limites superiores e inferiores são especificados com base no determinado pelo cliente. Na Tabela 4 tem-se os valores dos limites superior (LSE) e inferior (LIE) especificados para cada etapa de síntese da embalagem apresentados.

Tabela 4 – Limites superiores e inferiores do COF

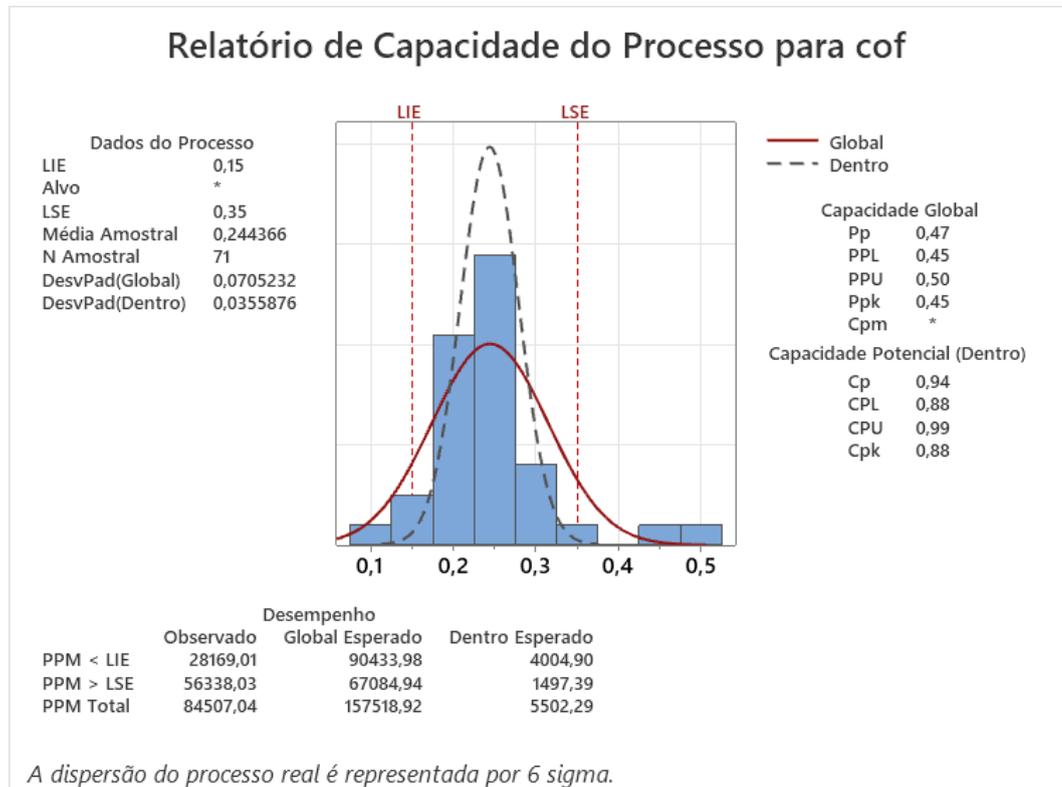
Etapa	LIE	LSE
Extrusão	0,10	0,30
Laminação	0,15	0,35
Corte (especificação do cliente)	0,15	0,35

Fonte: Próprio Autor (2021).

Verificou-se que os valores de LIE e LSE para a etapa de extrusão divergem dos valores especificados nas etapas posteriores. Isso é decorrente de que a etapa posterior a extrusão é a etapa de laminação, nessa etapa, conforme já apresentado, ocorre a junção de dois ou mais filmes que já possuem valores de COF, portanto, os filmes ao saírem da etapa de extrusão devem possuir valores de COF abaixo das demais etapas.

Após a especificação dos limites e das configurações no Minitab® Statistical Software já expostas na seção anterior, na Figura 9 é apresentada a curva da análise de capacidade na etapa de corte anteriormente à realização do estudo de caso.

Figura 9 - Análise de capacidade anterior ao estudo de caso (corte)



Fonte: Próprio Autor (2021)

Por meio dos dados obtidos no gráfico apresentado na Figura 9 é possível calcular o nível de sigma a partir da Equação 08, sendo assim, foi obtido o valor de sigma para essa análise de capacidade de 2,64. Analisando o gráfico (Figura 9) observa-se que alguns valores de COF estavam fora do especificado por estarem fora das linhas estabelecidas como limite inferior e superior. Além disso, ao verificar as barras do histograma é possível constatar que apresentam muita variação em relação à curva, ou seja, os histogramas não apresentam um padrão. Decorrente disso, a curva representada pela linha sólida é divergente da representada pela linha tracejada, indicando que o processo é instável.

Portanto, a partir dos resultados obtidos foi constatado que o processo não era capaz de garantir a estabilidade do COF e de que o cliente receberia o produto final com todos os valores dentro do seu especificado. Dessa forma, avaliou-se todas as variáveis que poderiam influenciar nessa característica visando buscar a melhoria no processo para os valores de COF.

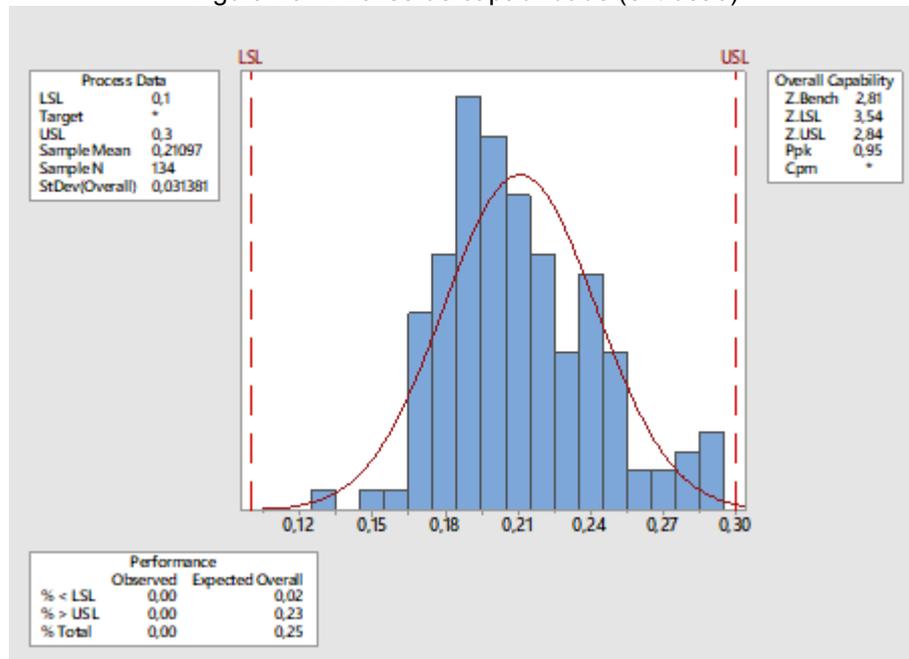
Conforme já apresentado na Seção 3, as variáveis de gramatura e espessura do filme podem influenciar nas características de COF, portanto, foram realizadas as análises dessas variáveis em algumas bobinas e observou-se que todos os valores encontrados estavam dentro do especificado. Avaliou-se as variáveis da quantidade de anti-block e a quantidade de aditivo em cada camada, ambas também estavam dentro do especificado, as bobinas após a etapa de corte não apresentavam o efeito de blocagem.

A última variável analisada foi o tensionamento na enroladeira da bobina na etapa de extrusão do material. Essa variável influencia diretamente na característica de COF decorrente de que quanto maior for a tensão aplicada maior será o contato entre as camadas do filme, fazendo com que o processo de difusão seja menos restrito pelas barreiras relacionadas à superfície do material.

A partir da aproximação das camadas é possível observar um maior grau de empacotamento das moléculas dificultando a transferência de massa dos aditivos deslizantes à superfície. Conforme apresentado na Seção 2.5, o processo de migração dos aditivos deslizantes para a superfície do material é uma transferência de massa que obedece a lei da difusão de Fick, ou seja, o excesso de tensionamento aplicado na enroladeira da bobina diminui o processo de migração dos aditivos deslizantes à superfície, conseqüentemente causando um aumento nos valores de COF.

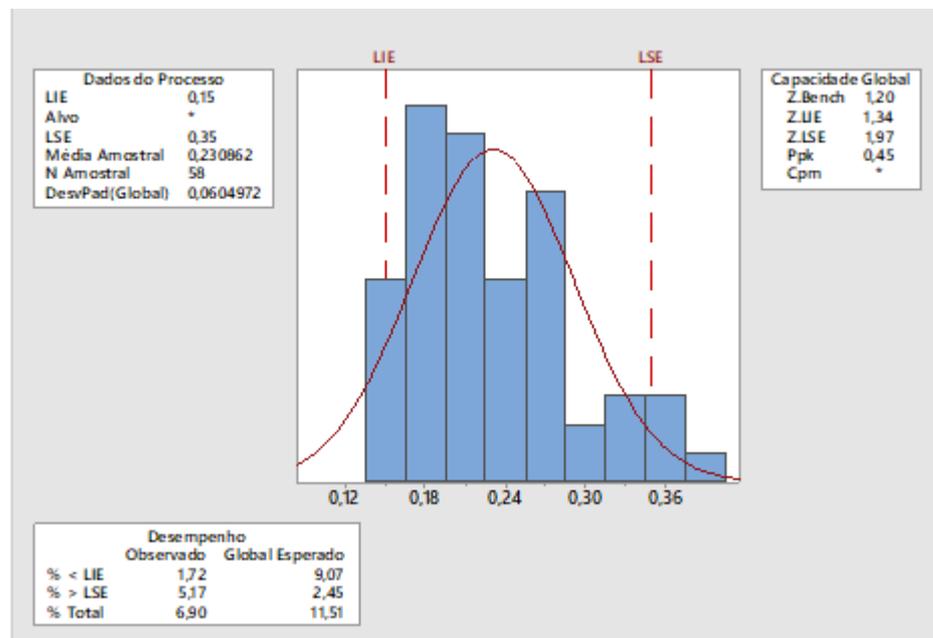
Dessa forma, a partir do estudo de caso, realizou-se uma diminuição no parâmetro de tensionamento. Afim de verificar o resultado dessa mudança, foram realizadas análises de capacidade na etapa de extrusão (etapa em que ocorreu a mudança de parâmetro) e na etapa de corte (etapa final do processo de produção da embalagem). Os gráficos de capacidade, após a mudança na variável tensionamento, após as etapas de extrusão e corte são apresentados nas Figuras 10 e 11, respectivamente.

Figura 10 - Análise de capacidade (extrusão)



Fonte: Próprio Autor (2021)

Figura 11 - Análise de capacidade (corte)



Fonte: Próprio Autor (2021)

Por meio dos dados obtidos nos gráficos (Figuras 10 e 11), calculou-se os

valores de sigma para fase de extrusão com um valor de 4,45 e para a fase de corte com um valor de 2,70. Tem-se que quanto maior for o valor do nível sigma menor será a variabilidade final do processo ou do produto, dessa forma, pode-se concluir que para a etapa de extrusão (etapa em que foi realizada a alteração do parâmetro de tensionamento), o nível de sigma se apresenta razoável. Já para a etapa de corte se observa um leve aumento no nível de sigma quando comparado com o resultado obtido da Figura 9 de 2,64, mas não sendo um aumento significativo.

Analisando a Figura 10, observa-se que todos os valores de COF se encontram dentro dos limites inferiores e superiores, as barras de histograma não variam muito em relação à curva, indicando que o processo na etapa de extrusão é estável.

Como a etapa de corte é a etapa final do processo, avaliou-se os resultados obtidos na análise de capacidade dessa etapa (Figura 11) e verificou-se que alguns valores de COF estavam fora do especificado, principalmente acima. Entretanto, comparando com a Figura 9, é possível observar que as barras do histograma não apresentam muita variação em relação à curva, indicando que o processo após as modificações se apresentou mais estável.

Na Tabela 5 tem-se a probabilidade de desvio para cada análise de capacidade realizada.

Tabela 5 - Probabilidade de desvio para cada etapa

Probabilidade de desvio	Extrusão	Corte
	0,25%	1,10%

Fonte: Próprio Autor (2021)

Após a análise dos valores de sigma e da probabilidade de desvio em cada etapa, verificou-se que a variação no parâmetro de tensionamento na enroladeira da bobina na etapa de extrusão do filme foi eficaz, já que é possível observar um leve aumento no nível de sigma para a etapa de corte e uma probabilidade de desvio de um por cento. Para e a etapa de extrusão, tem-se que o nível sigma é 4,45. Cada nível sigma se associa a um volume de defeitos por milhão, dessa forma, conforme a Tabela 3 na Seção 2.6, tem-se que a cada um milhão de produtos o volume que provavelmente pode apresentar defeito é 6210 para um processo de nível sigma 4.

Posteriormente à realização das análises de capacidade foi analisado a quantidade de reclamações pelo Cliente I por mês por esse desvio de COF fora do

especificado, visando verificar se o processo foi realmente eficaz. As quantidades de abertura de não conformidades são apresentadas na Tabela 6.

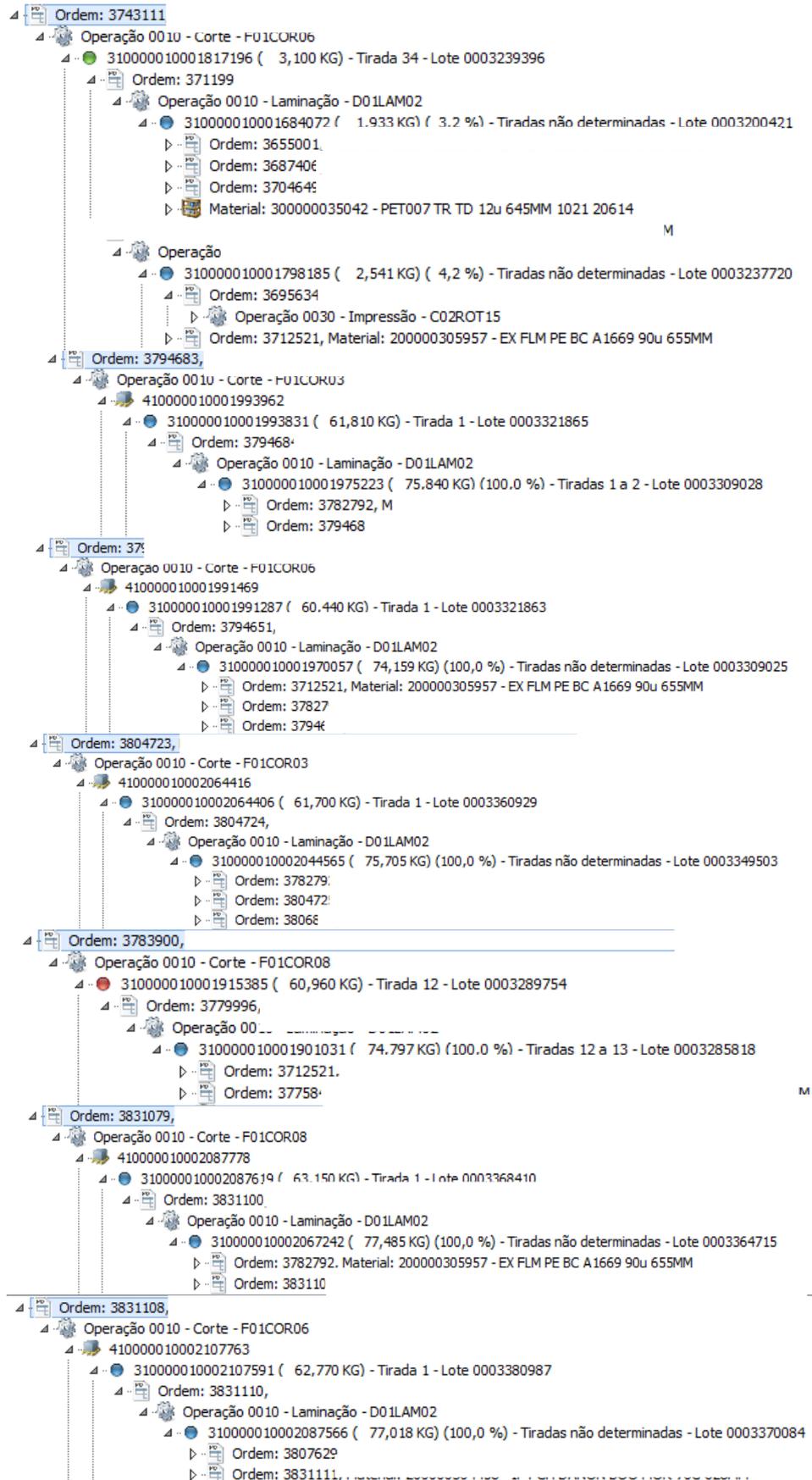
Tabela 6 - Quantidade de Reclamações do Cliente I por mês

Item	Mês	Data	Ordem de Produção	Desvio informado pelo cliente
1	nov-20	27/11/2020	3743111	COF FORA DO ESPECIFICADO
2	nov-20	30/11/2020	3743111	Desvio X
3	nov-20	30/11/2020	3743111	COF FORA DO ESPECIFICADO
4	fev-21	10/02/2021	3794683	Desvio Y
5	fev-21	10/02/2021	3794650	COF FORA DO ESPECIFICADO
6	fev-21	10/02/2021	3804723	Desvio Z
7	fev-21	10/02/2021	3783900	COF FORA DO ESPECIFICADO
8	mar-21	15/03/2021	3831079	Desvio W
9	mar-21	15/03/2021	3831108	COF FORA DO ESPECIFICADO

Fonte: Próprio Autor (2021).

É possível observar que as reclamações pelo desvio de COF fora do especificado continuaram ocorrendo ao longo dos meses, não ocorreu uma diminuição. Dessa forma, realizou-se uma rastreabilidade para verificar as ordens de produção de cada etapa (corte, laminação, extrusão) e a partir dessas informações é possível obter as datas de produção de cada lote (ordem de produção) reclamada, a fim de constatar se os lotes informados na Tabela 6 foram produzidos anteriormente ou posteriormente à implementação da ação de diminuição do tensionamento. A Figura 12 mostra a rastreabilidade das ordens reclamadas.

Figura 12 - Rastreabilidade das ordens reclamadas



Fonte: Próprio Autor (2021).

Na Tabela 7, tem-se as ordens de produção de cada etapa e as datas de produção referentes a cada uma delas, para a verificação das datas de produção foi selecionado somente os lotes reclamados que apresentavam como voz de desvio o COF fora do especificado.

Tabela 7 - Datas de produção dos lotes reclamados

OP Corte	Data	OP Laminação	Data	OP Extrusão	Data
3743111	04/11/2020	3711997	01/10/2020	3655001	06/08/2020
		3743112	30/10/2020	3687406	06/09/2020
3794650	22/12/2020	3794684	16/12/2020	3782792	05/12/2020
				3712521	06/10/2020
3783900	01/12/2020	3779996	27/11/2020	3712521	06/10/2020
3831108	28/01/2021	3831100	18/01/2021	3782792	05/12/2020
				3807629	05/01/2021

Fonte: Próprio Autor (2021).

Através das informações obtidas apresentadas na Tabela 7, conclui-se que a diminuição no tensionamento aplicado na enroladeira da bobina na etapa de extrusão do filme no mês de fevereiro foi eficaz e possibilitou a otimização do processo, já que ao analisar as datas informadas nos lotes de extrusão (OP extrusão) é possível observar que são anteriores ao mês de fevereiro, data em que a ação foi realizada. Portanto, tem-se uma tendência de diminuição no número de reclamações por esse cliente e, conseqüentemente, uma diminuição nos valores dos indicadores de qualidade. Essa diminuição nos valores dos indicadores de qualidade impacta diretamente na redução dos custos da empresa e em uma melhor visibilidade da empresa em relação a entrega de produtos com alta qualidade.

5. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que com a medida adotada se obteve sucesso no objetivo proposto neste trabalho, uma vez que , a partir da rastreabilidade, não foi verificada nenhuma reclamação do Cliente (I) pelo desvio de COF fora do especificado em que o lote reclamado apresentasse data de produção posterior a mudança realizada no tensionamento na etapa de extrusão do material. Ou seja, todos os lotes informados nas não conformidades são anteriores a ação realizada. Avaliando também os valores do nível sigma, pode-se verificar que para a etapa de extrusão tem-se uma baixa probabilidade de desvio no processo e que esse é considerado estável ao analisar o gráfico obtido, já para a etapa de corte, observa-se um leve aumento no nível sigma. Ao comparar os gráficos obtidos nas análises de capacidade anteriormente e posteriormente à implementação da mudança no tensionamento aplicado, é possível verificar uma maior estabilidade no processo após a mudança. Entretanto, pelo fato do nível sigma para a etapa de corte ser classificado como 2, indicando uma probabilidade de 31% de desvio no processo, a empresa deu continuidade nos estudos nas demais variáveis que podem influenciar na característica de COF visando a melhoria contínua do processo de produção.

REFERÊNCIAS

- ABIEF. **Resultados da pesquisa W4Chem para a ABIEF**. 2020. Disponível em: <<https://www.projetopack.com.br/flex-tendencia-agosto-2020/>>. Acesso em 13 de julho de 2021.
- AIAG. **Statistical Process Control SPC**. In Journal of Visual Languages & Computing (2nd ed., Vol. 11). Michigan, 2005.
- BAMFORD, D.R.; GREATBANKS, R.W. **The use of quality management tools and techniques: a study of application in everyday situations**. International Journal of Quality & Reliability Management, v. 22, n. 4, p. 376-392, 2005.
- BANN, D. **Novo Manual de Produção Gráfica**. Bookman, 2010
- BAYEUX, C. **Análise da capacidade de processos**. Banas Qualidade. p. 57-60, 2001
- COSTA, A. F. B.; EPPRECHT, E. K.; CARPINETTI, L. C. R. **Controle estatístico de qualidade**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2012
- CREMASCO, M. A. **Fundamentos de Transferência de Massa**. Editora da UNICAMP, Campinas, 1998.
- CRUZ, M. **O Texturômetro no Estudo do Atrito em Embalagens Plásticas (Método ASTM)**. 2016. Disponível em: <<https://blogextralab.wordpress.com/2016/04/28/o-texturometro-no-estudo-do-atrito-em-embalagens-plastica-metodo-astm/>>. Acesso em 05 de julho de 2021.
- GONÇALEZ, P. U., WERNER, L. **Comparação dos índices de capacidade do processo para distribuições não-normais**. Gestão & Produção. 2009.
- Conheça as extrusoras de plástico**. ByEngenharia. 2019. Disponível em: <<https://byengenharia.com.br/o-que-e-extrusao-de-plastico/>>. Acesso em 11 de agosto de 2021.
- Interpretar os principais resultados para Análise de capacidade entre/dentro**. MiniTab, 2021. Disponível em: <<https://support.minitab.com/pt-br/minitab/18/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/capability-analysis/how-to/capability-analysis/between-within-capability-analysis/interpret-the-results/key-results/>> Acesso em 26 de junho de 2021.
- MONTGOMERY, D. C. **Introduction to Statistical Quality Control**. Development. 2009.
- MODENAPAK. **Uma breve história da embalagem**. 2017. Disponível em: <<https://modenapakembalagem.wordpress.com/2017/06/07/uma-breve-historia-da-embalagem/>>. Acesso em 11 de julho de 2021.
- Nível Sigma: o que é, como calcular, exemplo e uso do Minitab**. Caetreinamentos, 2020. Disponível em: <<https://caetreinamentos.com.br/blog/seis-sigma/nivel-sigma/>>. Acesso em 21 de julho de 2021.
- O que é o Ensaio de Coeficiente de Atrito (COF)**. Afinkopolímeros, 2021. Disponível em: <<https://afinkopolimeros.com.br/o-que-e-ensaio-de-coeficiente-de-atrito/>>. Acesso em 05 de julho de 2021.
- POÇAS, M. F.; SELBOURNE, M. C.; DELGADO, T. **Capítulo IV – Embalagens Plásticas**. Escola Tecnológica de Gestão Industrial. (versão PDF do documento descarregada em 4 de Março de 2013).
- PIVA, A. C. **Caracterização de aditivos em filmes flexíveis de polietileno**. Criciúma, SC. 2014.
- SACRAMENTO, A. **Como desenvolver uma boa análise de capacidade**. 2015. Disponível em: <<https://qualityway.wordpress.com/2015/10/05/como-desenvolver->

uma-boa-analise-de-capabilidade-por-augusto-sacramento/>. Acesso em 26 de junho de 2021.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L. et al.. **Embalagens plásticas flexíveis: principais polímeros e avaliação de propriedades**. Campinas: Cebrap, 2002. 267 p

SILVA, A. L. B. B.; SILVA, E. O. **Conhecendo Materiais Poliméricos**. Universidade Federal do Mato Grosso. Mato Grosso, 2003.

SILVA, N. **O que é flexografia**. 2020. Disponível em: <<https://www.futuraexpress.com.br/blog/flexografia/>>. Acesso em 13 de julho de 2021

SILVA, N. **O que é rotogravura**. 2020. Disponível em: <<https://www.futuraexpress.com.br/blog/rotogravura/>>. Acesso em 13 de julho de 2021.

WYPYCH, G.; **Handbook of Antiblocking, Release and Slip Additives**. 2 ed.; ChemTec Publishing: Toronto, 2011.

YOSHIMOTO, F. T. **Embalagens Flexíveis PET+PE com impressão flexográfica e solda tipo stand'up pouch**. Graduação no curso de Tecnólogo em Produção de Plástico. Faculdade de Tecnologias da Zona Leste, 2010, 82pp.

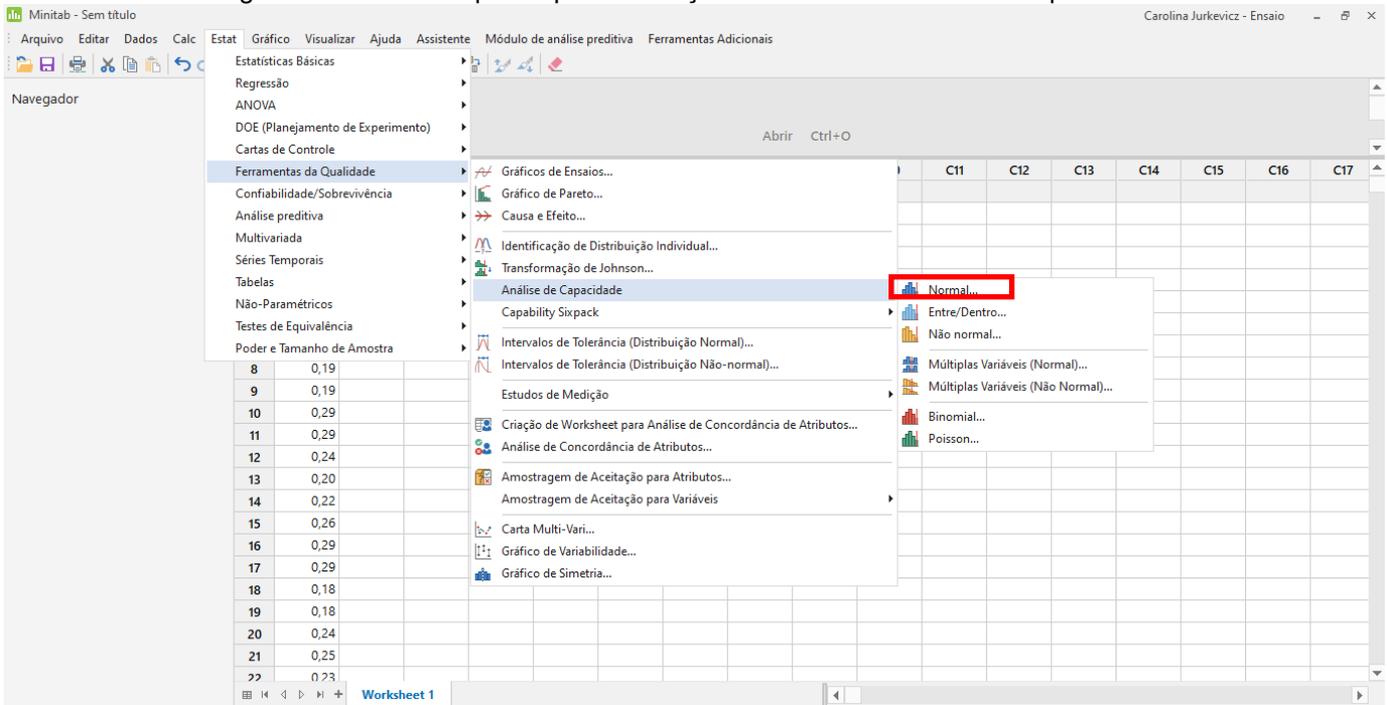
ANEXO A – Configurações do Software

Figura A.1 – Inserção dos dados de COF

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
	COF															
1		0,18														
2		0,18														
3		0,19														
4		0,20														
5		0,19														
6		0,20														
7		0,17														
8		0,19														
9		0,19														
10		0,29														
11		0,29														
12		0,24														
13		0,20														
14		0,22														
15		0,26														
16		0,29														
17		0,29														
18		0,18														
19		0,18														
20		0,24														
21		0,25														
22		0,22														

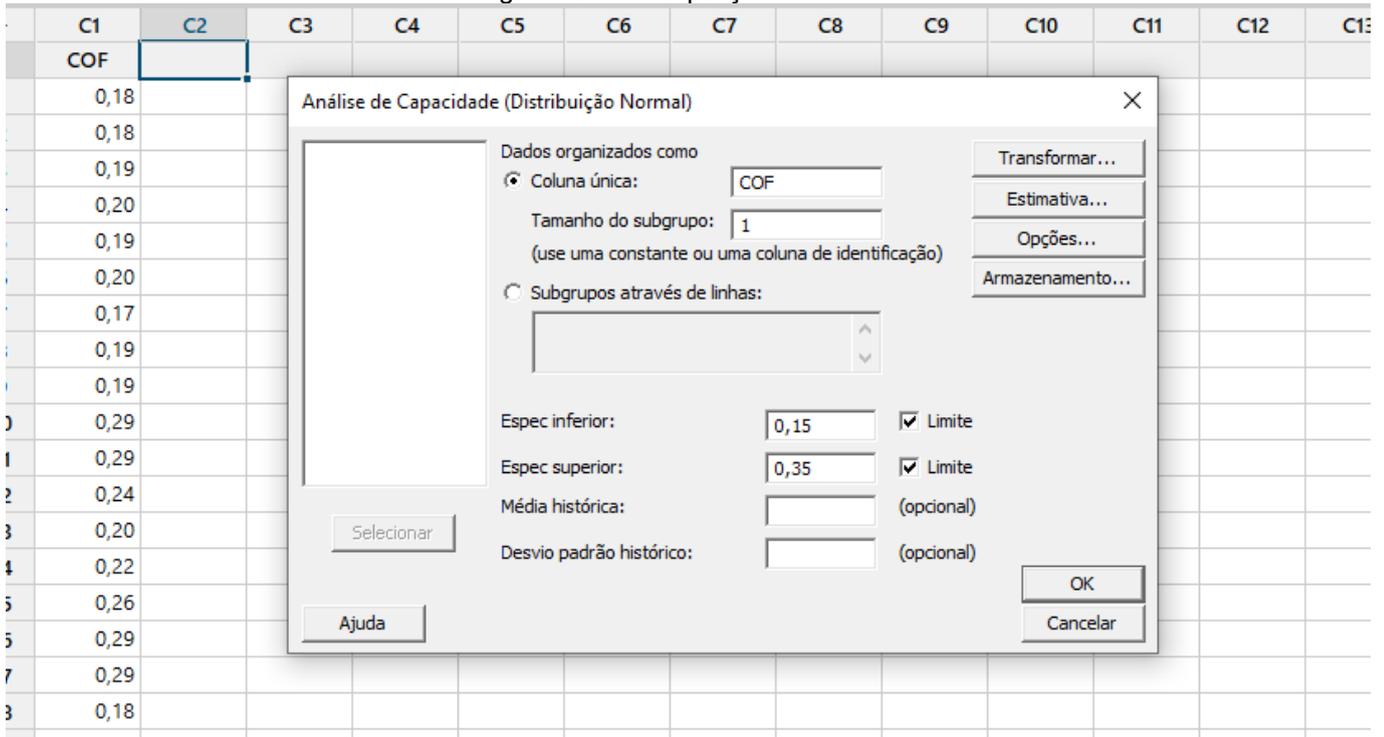
Fonte: Próprio Autor (2021).

Figura A.2 – Passo a passo para a seleção do comando análise de capacidade



Fonte: Próprio Autor (2021)

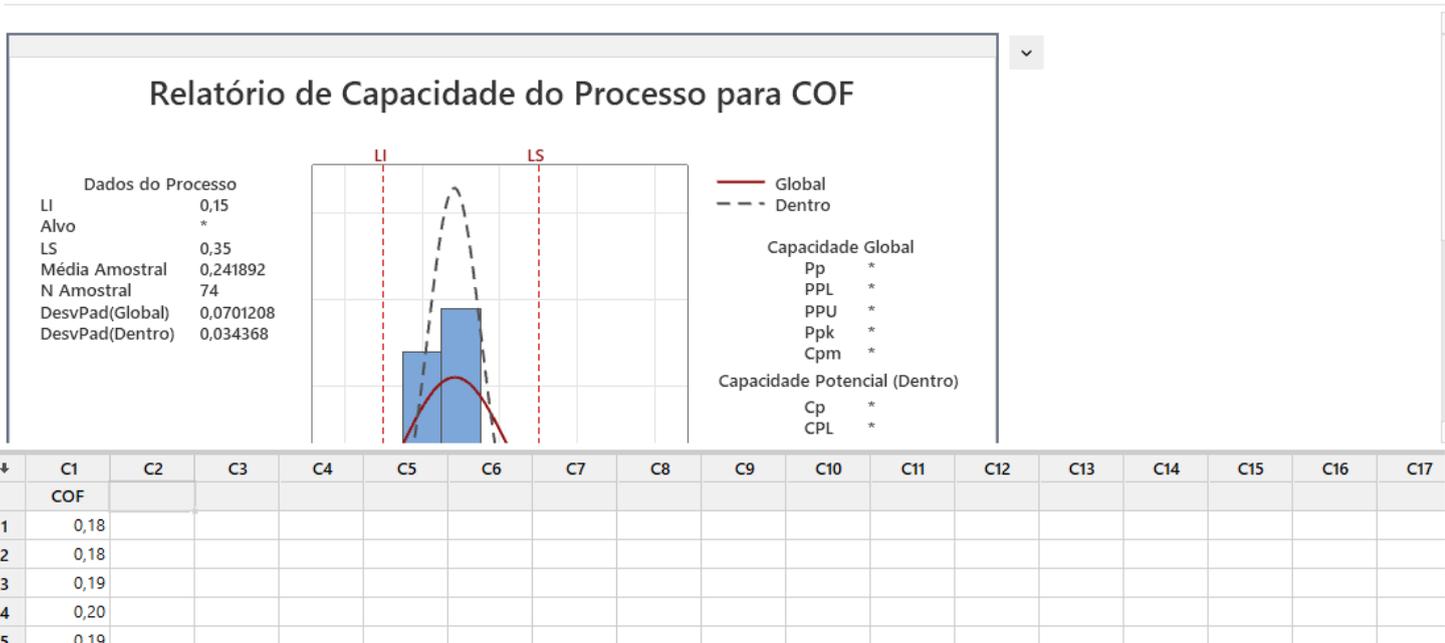
Figura A.3 – Compilação dos dados



Fonte: Próprio Autor (2021).

Figura A.4 – Geração do relatório de capacidade

Relatório de Capacidade do Processo para COF



Fonte: Próprio Autor (2021).