

UTILIZAÇÃO DO CEP PARA DEFINIR LIMITES DE ESPECIFICAÇÃO REALISTAS PARA O PESO IDEAL DE BOVINOS PARA ABATE.

USING SPC TO DEFINE REALISTIC SPECIFICATION LIMITS FOR THE IDEAL WEIGHT OF BEEF CATTLE FOR SLAUGHTER.

Alexandre Fernandes Rocha¹

¹Graduando em Agronegócios, FATEC – CPS – Jales-SP, alexandre.rocha@fatec.sp.gov.

RESUMO - O presente estudo objetivou propor um modelo para a definição de limites de especificação realistas para o peso ideal de bovinos de corte destinados ao abate, mediante a aplicação do Controle Estatístico de Processo (CEP), considerando a inerente variabilidade biológica da produção. A metodologia quantitativa analisou dados biométricos de um lote de 100 bovinos machos da raça Nelore, submetidos a um sistema de confinamento por 90 dias. As ferramentas do CEP, especificamente os gráficos de controle de médias e amplitudes (Xbar-R), foram empregadas para monitorar a variabilidade dos pesos de entrada (média: 478,67 ± 20 kg), pesos de saída (média: 673,55 ± 14 kg) e ganho de peso médio diário (GMD) indireto (média: 2,17 ± 0,26 kg/dia). A identificação de pontos fora dos limites de controle estatístico nas cartas de processo sinalizou a presença de causas especiais de variação, impactando a estabilidade do processo produtivo. A análise econômica parcial revelou um custo total de insumos de R\$ 237.300,00 para o lote, com a silagem representando a maior fração do dispêndio, e um resultado líquido de R\$ 561.769,70. As considerações finais do estudo enfatizam o potencial do CEP como ferramenta de gestão para o estabelecimento de limites de especificação de peso ao abate mais precisos e adaptados à variabilidade real do sistema de produção. Adicionalmente, com base na análise estatística e na experiência de campo, sugere-se um peso ideal de entrada de 450 kg e um peso de abate de 670 kg como pontos de otimização para a eficiência da conversão alimentar e a maximização do retorno econômico da atividade.

PALAVRAS-CHAVE: Abate. Bovinos. Confinamento. Controle Estatístico de Processo. Pecuária.

ABSTRACT- This study aimed to propose a model for defining realistic specification limits for the ideal slaughter weight of beef cattle, through the application of Statistical Process Control (SPC), considering the inherent biological variability of production. The quantitative methodology analyzed biometric data from a batch of 100 male Nelore cattle, subjected to a feedlot system for 90 days. SPC tools, specifically Xbar-R control charts, were employed to monitor the variability of initial weights (mean: 478.67 ± 20 kg), final weights (mean: 673.55 ± 14 kg), and indirect average daily gain (ADG) (mean: 2.17 ± 0.26 kg/day). The identification of points outside the statistical control limits on the process charts indicated the presence of special causes of variation, impacting the stability of the production process. The partial economic analysis revealed a total input cost of R\$ 237,300.00 for the batch, with silage representing the largest portion of the expenditure, and a net profit of R\$ 561,769.70. The study's final considerations emphasize the potential of SPC as

a management tool for establishing more precise slaughter weight specification limits adapted to the actual variability of the production system. Additionally, based on statistical analysis and field experience, an ideal entry weight of 450 kg and a slaughter weight of 670 kg are suggested as optimization points for feed conversion efficiency and maximization of the economic return of the activity.

KEYWORDS: Slaughtering; Beef Animals; Intensive System; Statistical Process Control (SPC); Beef Farming

1 INTRODUÇÃO

A pecuária de corte, um dos pilares da economia brasileira, representou em 2024, 23,2% do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - CEPEA/CNA, 2025). Este setor não apenas impulsiona o crescimento econômico, gerando divisas e empregos, mas também posiciona o país como um dos maiores fornecedores de carne bovina para o mercado global. A busca contínua por aprimoramento da eficiência e da qualidade em todas as etapas da produção é, portanto, essencial para manter a competitividade e garantir a sustentabilidade dessa importante cadeia produtiva.

O objetivo geral deste trabalho é propor um modelo para a definição de limites de especificação realistas para o peso ideal de bovinos para abate, utilizando as ferramentas do Controle Estatístico de Processo (CEP) para considerar a variabilidade inerente ao processo de produção.

Um dos pontos centrais nesse contexto é a determinação do peso ideal dos bovinos ao abate, um fator que impacta diretamente o rendimento da carcaça, as características de qualidade da carne e a rentabilidade de toda a cadeia. Tradicionalmente, os padrões de abate têm se baseado em diretrizes amplas, frequentemente desconsiderando a inerente variabilidade biológica e as particularidades dos distintos sistemas de produção.

Nesse sentido, autores como Alencar et al. (2023), ao analisarem a intensificação da produção bovina, ressaltam que "a adoção de sistemas de produção mais intensivos, como o confinamento, permite um controle mais preciso da nutrição e do ambiente, influenciando significativamente o ganho de peso e as características da carcaça, demandando, contudo, um manejo sanitário e nutricional rigoroso para otimizar o desempenho e mitigar perdas". Essa perspectiva sublinha a influência do sistema de produção na trajetória de peso dos animais e a necessidade de padrões de abate que considerem essas especificidades.

Cruz et al. (2022), ao discorrerem sobre a qualidade da carne bovina, enfatizam que "fatores como a genética, a idade ao abate e o manejo pré-abate exercem influência considerável nas características sensoriais e na composição da carne. A padronização dos processos e a definição de critérios objetivos para o abate são cruciais para assegurar a consistência e a qualidade do produto final, atendendo às demandas de um mercado consumidor cada vez mais exigente". A citação reforça a importância de critérios de abate bem definidos, que integrem o histórico de manejo e as características individuais dos animais para garantir a qualidade da carne.

Ademais, Tullio et al. (2024), ao abordarem a sustentabilidade na pecuária de corte, argumentam que "a otimização do ciclo produtivo, incluindo a identificação do momento ideal de abate, contribui não apenas para a eficiência econômica, mas

também para a redução do impacto ambiental da atividade. Abater animais no peso adequado minimiza o tempo de permanência no sistema, diminuindo a emissão de gases de efeito estufa por unidade de carne produzida". Essa visão conecta a eficiência dos padrões de abate com a sustentabilidade, reforçando a urgência de abordagens mais precisas.

Em contrapartida à variabilidade biológica inerente, o Controle Estatístico de Processo (CEP), com as contribuições seminais de Shewhart (1931) sobre a compreensão e controle da variabilidade, a visão sistêmica e a busca pela melhoria contínua de Deming (1986), e a moderna abordagem das ferramentas estatísticas de controle de qualidade detalhada por Montgomery (2020), oferece um arcabouço metodológico robusto para o enfrentamento desse desafio. O CEP, tradicionalmente aplicado em processos industriais, apresenta aspectos positivos cruciais para a pecuária, como a capacidade de quantificar e visualizar a variabilidade, distinguir causas de variação, monitorar a estabilidade do processo e fornecer dados objetivos para a tomada de decisão.

A presente pesquisa se justifica pela necessidade de superar as limitações dos padrões de peso de abate puramente empíricos, propondo uma abordagem científica e sistemática que considere a dinâmica e a variabilidade intrínseca ao processo de produção de bovinos de corte. A aplicação do CEP permitirá uma compreensão mais profunda da variabilidade do peso, a avaliação da adequação dos padrões existentes e a definição de limites de especificação mais precisos, com potencial para otimizar a eficiência econômica, a qualidade da carne e a sustentabilidade da produção.

A metodologia do trabalho será quantitativa, com revisão bibliográfica, coleta de dados de peso de bovinos, análise estatística descritiva, aplicação de ferramentas do CEP (como cartas de controle) para monitorar a variabilidade e identificar padrões, análise de capacidade do processo para avaliar limites existentes e propor novos, e discussão dos resultados com base na literatura.

Apesar da relevância do tema, identifica-se uma lacuna na literatura que combina explicitamente o Controle Estatístico de Processo com a definição de limites de especificação realistas para o peso de bovinos para abate, considerando a complexidade dos sistemas de produção pecuária. A adaptação das ferramentas de CEP a um contexto biológico com múltiplas variáveis intervenientes e a definição de critérios objetivos para o "realismo" dos limites de especificação representam desafios que esta pesquisa busca enfrentar.

Com o desenvolvimento deste trabalho, espera-se alcançar uma compreensão acerca da variabilidade do peso de bovinos para abate em um contexto específico; uma avaliação crítica da adequação dos limites de especificação de peso atualmente utilizados; a proposição de limites de especificação de peso para abate mais realistas, baseados na análise de CEP; uma contribuição metodológica para a aplicação do CEP na definição desses limites na pecuária de corte; e a demonstração dos potenciais benefícios da adoção dos limites propostos para a otimização da produção e a redução de perdas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente referencial teórico tem como objetivo primordial estabelecer a intrínseca ligação conceitual entre o domínio da pecuária de corte, com suas particularidades inerentes aos sistemas biológicos e às práticas de manejo, e a robusta metodologia do Controle Estatístico de Processo (CEP), amplamente utilizada

na otimização de processos industriais. Ao explorar os fundamentos teóricos de ambas as áreas, busca-se delinear o potencial da aplicação das ferramentas estatísticas do CEP para aprimorar a gestão de um parâmetro crucial na produção de bovinos para abate: o peso ideal.

A pecuária de corte, setor de elevada significância econômica no agronegócio brasileiro (CEPEA/CNA, 2025), demanda a implementação de metodologias que assegurem a eficiência e a qualidade dos processos produtivos. Nesse contexto, o Controle Estatístico de Processo (CEP), ferramenta estatística robusta com histórico de sucesso em ambientes industriais (Shewhart, 1931; Deming, 1986; Montgomery, 2020; Ishikawa, 1985), apresenta-se como uma abordagem promissora para o monitoramento e a análise da variabilidade inerente aos sistemas biológicos complexos da produção de bovinos para abate. Este referencial teórico estabelece a interface conceitual entre a pecuária de corte e o CEP, explorando os fundamentos de ambos os domínios e delineando o potencial da aplicação de técnicas estatísticas na otimização da gestão do peso ideal de abate.

1. Fundamentos da Pecuária de Corte:

A pecuária de corte no Brasil abrange um espectro diversificado de sistemas de produção, desde a extensiva criação a pasto até a intensiva terminação em confinamento (Alencar et al., 2023; Euclides Filho, 1997). O manejo zootécnico engloba práticas multifacetadas que visam maximizar o desempenho produtivo, a saúde animal e a qualidade da carcaça, influenciadas por fatores genéticos, nutricionais, sanitários e de bem-estar animal (Cruz et al., 2022; Paranhos da Costa, 2008; Lôbo et al., 2000). A variabilidade biológica intrínseca, modulada por interações complexas entre genótipo e ambiente, impõe desafios significativos à homogeneização do produto final, particularmente no que tange ao peso ideal para o abate.

A definição de padrões de qualidade para o abate constitui um ponto crítico na cadeia produtiva da carne bovina. O peso ao abate exerce influência direta no rendimento de carcaça, na distribuição de cortes de alto valor agregado e nas características físico-químicas e sensoriais da carne (Tullio et al., 2024; Savell et al., 1986). Desvios dos padrões ideais podem resultar em perdas econômicas e comprometimento da qualidade do produto. Adicionalmente, a nutrição animal, um fator chave no manejo, é extensivamente estudada por autores como **Preston e Willis (1974)**, que discorrem sobre a otimização da alimentação para maximizar o ganho de peso e a eficiência de conversão alimentar em diferentes sistemas de produção, e pelas recomendações nutricionais do **NRC (National Research Council) (2016)**.

2. Princípios e Ferramentas do Controle Estatístico de Processo (CEP):

O Controle Estatístico de Processo (CEP) fundamenta-se na análise da variabilidade dos processos produtivos, distinguindo a variação comum (inerente ao sistema) de causas especiais (atribuíveis a fatores específicos) (Shewhart, 1931; Deming, 1986). A aplicação de ferramentas estatísticas, como cartas de controle (\bar{X} -

R, X^{-S} , CUSUM, EWMA), histogramas, diagramas de Pareto (Ishikawa, 1985), diagramas de dispersão e análise de capacidade do processo (índices C_p , C_{pk}), permite o monitoramento contínuo, a identificação de instabilidades e a avaliação da conformidade com as especificações (Montgomery, 2020). A filosofia do CEP preconiza a melhoria contínua dos processos através da redução da variabilidade e da eliminação de causas especiais.

A análise de capacidade do processo quantifica a aptidão de um processo em atender aos limites de especificação predefinidos, fornecendo métricas objetivas para avaliar o desempenho e a necessidade de ajustes para garantir a qualidade do produto. A aplicação do CEP em sistemas complexos requer a adaptação das ferramentas e a consideração das características específicas do processo em análise (Allen et al., 1996).

1.1 Controle Estatístico do Processo

Segundo Marshall (2003, p. 75), o controle da qualidade é o processo para assegurar o cumprimento dos objetivos da qualidade durante as operações, o controle consiste em avaliar o desempenho da qualidade total, comparar o desempenho real com as metas da qualidade e atuar a partir das diferenças.

Segundo Pieritz Netto (2017, p. 29),

O Controle Estatístico de Processos (CEP), atualmente, está no conjunto das ferramentas essenciais da qualidade, é um método que coleta dados de uma amostra de dados, trabalha uma verificação das amostras de resultados do processo que se está analisando, permitindo assim controlar seu funcionamento de modo a diminuir as possíveis falhas que possam ocorrer devido ao seu processo de execução.

1.1.1 Cartas de Controle

a) **Carta de controle:** Para Siqueira (1997), a carta de controle é uma ferramenta extremamente útil para identificar se as variações observadas num processo são decorrentes de causas comuns de variação e, portanto, de pequena significância, ou decorrentes de causas especiais de variação e, portanto, de grande significância que necessitam ser identificadas e eliminadas do processo.

b) **Desvio padrão:** Segundo Wolffenbüttel (2006), o desvio padrão é um parâmetro muito usado em estatística que indica o grau de variação de um conjunto de elementos.

c) **Limite inferior e superior de controle:** O gráfico de controle tem dois limites - calculados a partir dos dados amostrais - que separam a variação aleatória da variação não-aleatória. O valor maior corresponde ao limite superior de controle (LSC) e o valor menor é chamado de limite inferior de controle (LIC). Uma estatística amostral localizada entre esses dois limites sugere a aleatoriedade da distribuição, enquanto um valor exterior a um dos dois limites sugere a não-aleatoriedade. Nos gráficos de controle é comum a utilização do LSC três sigmas acima da linha média ($\mu + 3\sigma$) e do LIC três sigmas abaixo desta ($\mu - 3\sigma$) (REBELATO et al., 2006).

d) **Amplitude:** Amplitude: diferença entre o maior e o menor valor de um subprodutos (OLIVEIRA et al., 2013).

e) **Linha central ou média:** A linha central (LC), representando a média da

característica da qualidade para o processo sob controle (TACONELI; ZEVIANI, 2019).

a) **Desvio Padrão**

$$\sigma = \frac{R^-}{d_2}$$

b) **LSC – Limite Superior de Controle**

c) **LM – Linha Média**

$$LSC = \bar{x} + 3\sigma \sqrt{n}$$

d) **LIC – Limite Inferior de Controle**

$$LIC = \bar{x} - \frac{3\sigma}{\sqrt{n}}$$

Em relação a Amplitude

a) **LSC – Limite Superior de Controle**

$$LSC = R^- + 3 * d_3 * \sigma^\wedge$$

b) **LM – Linha Média**

$$LM = R^-$$

c) **LIC – Limite Inferior de Controle**

$$LIC = R^- - 3 * d_3 * \sigma^\wedge$$

3. Interface entre Pecuária de Corte e Controle Estatístico de Processo:

Apesar de sua aplicação primordial em processos industriais, os princípios e as técnicas do CEP demonstram potencial significativo para a otimização da produção pecuária, particularmente no monitoramento de variáveis quantitativas como o peso dos bovinos (Andrade et al., 2010). A variabilidade inerente ao crescimento animal, influenciada por fatores genéticos (Lôbo et al., 2000), ambientais e de manejo (Euclides Filho, 1997; Owens et al., 1995), pode ser sistematicamente analisada através das ferramentas do CEP. Desvios estatisticamente significativos nos padrões de ganho de peso podem sinalizar a presença de causas especiais, como desafios sanitários ou inadequações nutricionais (Preston & Willis, 1974; NRC, 2016), demandando intervenções corretivas direcionadas.

A aplicação do CEP na gestão do peso de bovinos para abate pode proporcionar:

- **Monitoramento dinâmico do crescimento:** As cartas de controle permitem o acompanhamento longitudinal do peso dos lotes, identificando precocemente tendências atípicas e potenciais desvios.

- **Diagnóstico de causas de variação:** A análise de pontos fora dos limites de controle possibilita a investigação e a identificação de fatores específicos que impactam o desempenho ponderal.
- **Avaliação da estabilidade do processo de engorda:** A verificação do controle estatístico do processo de ganho de peso permite uma previsão mais acurada do peso ao abate.
- **Fundamentação objetiva para a definição de limites de especificação:** A quantificação da variabilidade natural do processo através do CEP oferece uma base empírica para o estabelecimento de limites de especificação de peso mais realistas e alinhados com a capacidade produtiva.
- **Otimização do momento do abate:** A compreensão da dinâmica do crescimento e da variabilidade do peso possibilita decisões mais estratégicas sobre o momento ideal para o abate, visando maximizar o rendimento e a qualidade da carcaça (Savell et al., 1986).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada para desenvolvimento deste artigo, quanto à utilização dos resultados é a Pesquisa aplicada. Quanto a natureza do método é a pesquisa quantitativa, quanto aos fins, é uma pesquisa explicativa e quanto aos meios é uma pesquisa levantamento, haja vista a coleta de dados referente ao histórico de pesos de entrada de 100 bovinos macho, da raça *melhore*, em confinamento e após o período de 90 dias, ao histórico de pesos de saída da mesma quantidade.

A aplicação da Ferramenta CEP – Controle Estatístico de Processos se dará através da utilização do aplicativo MINITAB 2016 e também será utilizado o aplicativo Microsoft Excel 2019.

Após a aplicação do CEP, os resultados obtidos serão analisados e será observado se os valores médios estão dentro dos LSC – Limites Superiores de Controles e LIS – Limites Inferiores de Controle. Caso, a média estiver oscilando, cabe ao decisor, adotar ações assertivas, ou seja, aquisição de carcaça com pesos definidos previamente.

O cálculo para o tamanho da amostra da pesquisa foi baseado na seguinte fórmula (FONSECA; MARTINS, 1996), conforme determinado na Figura 1.

Figura 1 – Fórmula do Tamanho da amostra

$$\text{Tamanho da amostra} = \frac{\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2 N} \right)}$$

Fonte: FONSECA; MARTINS, 1996.

Onde:

N = tamanho da população

E = margem de erro

Z = escore z

De acordo com SurveyMonkey (2022), com uma população de 134 elementos, grau de confiança de 95% e margem de erro de 5%, indicou-se uma amostra de tamanho 100, ou seja, 100 elementos (bovinos machos) que serão analisados, em conformidade com a Figura1.

Procedimentos:

1. Determinação da amostragem
2. Análise Estatística da amostragem
3. Consolidação da amostragem
4. Aplicação CEP – Controle Estatístico de Processos – Entrada
5. Aplicação CEP – Controle Estatístico de Processos –Saída

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ainda, em conformidade com SurveyMonkey (2022), com uma população de 134 elementos, grau de confiança de 95% e margem de erro de 5%, indicou-se uma amostra de tamanho 100, ou seja, 100 elementos que serão analisados, em conformidade com a Tabela 2 (Consolidada) – Anexo 1 (Peso de Entrada).

Tabela 2: Consolidado – Peso Entrada

Seq	Σ Peso Entrada	μ Peso Entrada	Fr. Relativa Peso entrada	Fr. Acum Peso Entrada
1 -100	47.867	478,67	100,00%	100%

Fonte: Próprio Autor, 2024

A Tabela 2 evidencia uma amostra de tamanho 100, ou seja, 100 elementos (bovinos machos) que deram entrada no confinamento 02.09.2024, iniciando com um período de adaptação de 15 dias, respetivamente, 15.09.2024, permanecendo até 04.11.2024, data-limite para despacho ao frigorífico para efetivo abate. Nota-se o peso de entrada, de 47.867 quilos, perfazendo uma média de 478,67 quilos por animal.

Tabela 3: Estatística descritiva – Peso Entrada

Peso Entrada	
Média	479
Erro padrão	2
Mediana	480

Modo	480
Desvio padrão	20
Variância da amostra	412
Curtose	2
Assimetria	0
Intervalo	125
Mínimo	425
Máximo	550
Soma	47.867
Contagem	100
Maior(1)	550
Menor(1)	425
Nível de confiança(95,0%)	4

Fonte: Próprio Autor, 2024

A tabela 3 demonstra a Estatística descritiva aplicada a amostragem de 100 cabeças, perfazendo uma média 478,67 quilos, um peso máximo de 550 quilos, peso mínimo de 425 quilos. Um desvio padrão de 20 quilos em relação ao peso médio, com oscilação para maior e menor em relação ao peso médio.

Dando sequência, em conformidade com a Tabela 4 (Consolidada) – Anexo 2 (Peso de Saída).

Tabela 4: Consolidado – Peso Saída

Seq	Σ Peso Saída	μ Peso Saída	Fr. Relativa Peso Saída	Fr. Acum Peso Saída
1 -100	67.355	673,55	100,00%	100%

Fonte: Próprio Autor, 2024

A Tabela 4 demonstra uma amostra de tamanho 100, ou seja, 100 elementos (bovinos machos) que no final do período de confinamento, compreendido entre 02.09.2024 e 04.11.2024, por animal, ou seja, 90 dias, obteve-se um peso de saída de 67.355 quilos, peso médio de 673,55.

Tabela 5: Estatística descritiva – Peso Saída

Peso Saída	
Média	674
Erro padrão	1
Mediana	675
Modo	670
Desvio padrão	14

Variância da amostra	206
Curtose	2
Assimetria	1
Intervalo	99
Mínimo	631
Máximo	730
Soma	67.355
Contagem	100
Maior(1)	730
Menor(1)	631
Nível de confiança(95,0%)	3

Fonte: Próprio Autor, 2024

A tabela 5 demonstra a Estatística descritiva aplicada a amostragem de 100 cabeças, peso de saída, 67.355 quilos, perfazendo uns 673,55 quilos, um peso máximo de 730 quilos, peso mínimo de 631 quilos. Desvio padrão de 14 quilos em relação ao peso médio, com oscilação para maior e menor.

Tabela 6: Consolidado – Peso Adquirido

Seq	Σ Peso Saída	μ Peso Saída	Fr. Relativa Peso Saída	Fr. Acum Peso Saída
1 -100	19.488	194,88	100,00%	100%

Fonte: Próprio Autor, 2024

A Tabela 6 demonstra uma amostra de tamanho 100, ou seja, 100 elementos (bovinos machos) que no final do período de confinamento, compreendido entre 02.09.2024 e 04.11.2024, obteve-se um ganho de peso de 19.488 quilos no total, ou seja, 90 dias, obteve-ganho de peso médio 194,88 por cabeça.

Tabela 7: Estatística descritiva – Peso Adquirido

Peso Adquirido

Média	194,88
Erro-padrão	2,34
Mediana	192,50
Moda	200,00
Desvio-padrão	23,36
Variância da amostra	545,78
Curtose	1,11
Assimetria	0,16
Intervalo	137,00
Mínimo	119,00
Máximo	256,00

Soma	19488,00
Contagem	100,00
Maior(1)	256,00
Menor(1)	119,00
Nível de confiança(95,0%)	4,64

Fonte: Próprio Autor, 2024

Em conformidade com a Tabela 7, confirmou-se os seguintes valores: Ganho médio de peso de 194,88 quilos por animal. Ganho mínimo de peso em 119 quilos e ganho máximo de peso em 256 quilos. Desvio padrão de 23,36 4 quilos em relação ao peso médio, com oscilação para maior e menor.

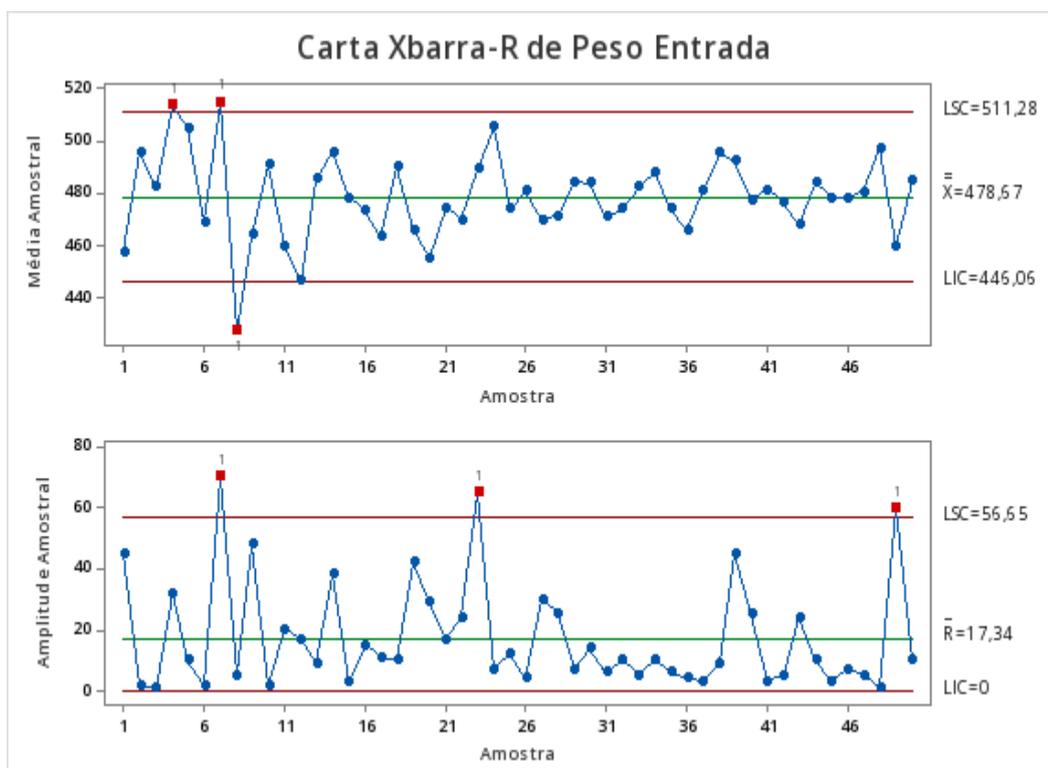


Gráfico1: Controle Estatístico de Processos – Peso de Entrada

Fonte: Minitab, 2025

A carta de controle \bar{X} -R é uma ferramenta fundamental no Controle Estatístico de Processos (CEP) para monitorar a média (\bar{X}) e a variabilidade (amplitude, R) de uma característica da qualidade ao longo do tempo. O gráfico superior acompanha a média das amostras, enquanto o gráfico inferior monitora a amplitude dentro de cada amostra. Os limites de controle superior (LSC), linha central (\bar{X} ou \bar{R}), e limite de controle inferior (LIC) são estabelecidos a partir dos dados históricos do processo, permitindo identificar variações anormais.

Conforme evidenciado no gráfico 1, no que tange a representatividade da média (\bar{X}), observamos alguns pontos que ultrapassam os limites de controle. Especificamente, os pontos 4 e 7 estão acima do LSC, e o ponto 8 está abaixo do LIC. Esses pontos indicam que, nesses momentos, a média do processo estava

estatisticamente fora de controle, sugerindo a ocorrência de causas especiais de variação que precisam ser investigadas e corrigidas. A linha central ($\bar{X}=478,67$) representa a média geral do processo durante o período analisado.

No gráfico da amplitude (R), também identificamos pontos acima do LSC, como os pontos 7, 24 e 47. Esses pontos sinalizam que a variabilidade dentro dessas amostras foi significativamente maior do que o esperado, indicando instabilidade na dispersão do processo. A linha central ($\bar{R}=17,34$) representa a amplitude média das amostras.

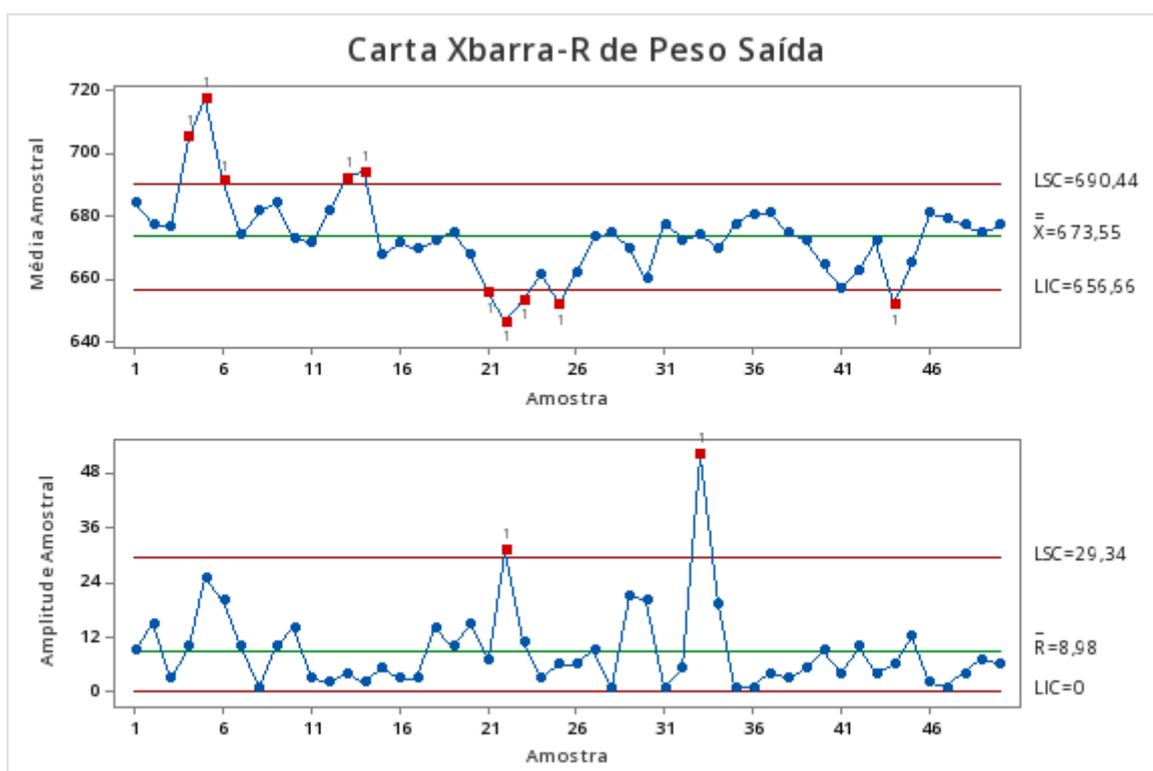


Gráfico2: Controle Estatístico de Processos – Peso de Saída

Fonte: Minitab, 2025

Em conformidade com o Gráfico 2, no que tange a média, a linha central ($\bar{X}=673,55$) representa a média geral do peso de saída durante o período monitorado. Os limites de controle superior (LSC = 690,44) e inferior (LIC = 656,66) definem a faixa de variação esperada para a média do processo sob condições normais. Observam-se alguns pontos que ultrapassam os limites de controle: o ponto 4 está acima do LSC, e os pontos 23 e 44 estão abaixo do LIC. Esses pontos indicam que, nesses momentos específicos, a média do peso de saída apresentou desvios estatisticamente significativos em relação ao comportamento usual do processo.

Quanto ao gráfico das amplitudes, Gráfico da Amplitude (R), a linha central ($\bar{R}=8,98$) representa a amplitude média (diferença entre o maior e o menor valor) dentro de cada amostra. O limite de controle superior (LSC = 29,34) define o limite máximo esperado para a variabilidade dentro das amostras. O limite inferior (LIC = 0) indica a ausência de variabilidade. Identificamos um ponto (amostra 33) que

excede significativamente o LSC. Isso sugere que, nessa amostra em particular, a dispersão dos valores de peso de saída foi muito maior do que o usual, indicando uma instabilidade momentânea na variabilidade do processo.

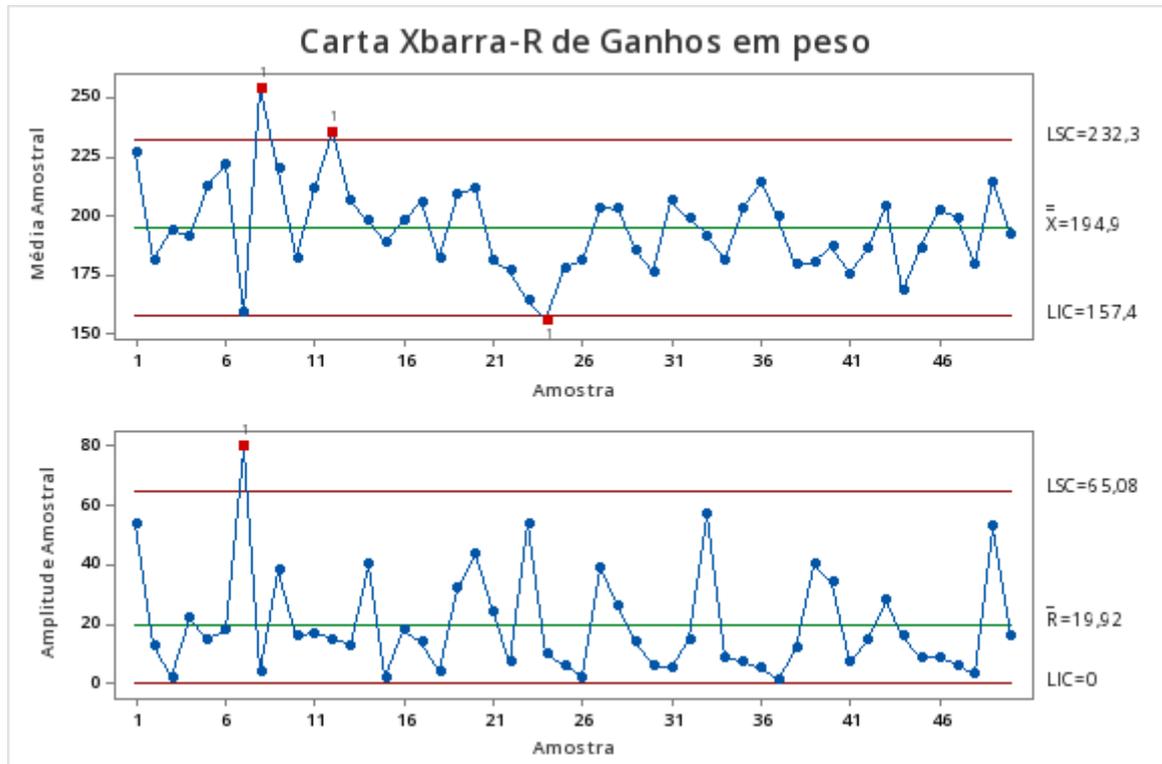


Gráfico3: Controle Estatístico de Processos – Peso Ganho

Fonte: Minitab, 2025

Referente ao Gráfico3, a carta de controle \bar{X} -R de Ganhos em peso apresenta a seguinte análise, no que tange ao Gráfico da Média (\bar{X}), a linha central ($\bar{X}=194,9$) indica a média geral dos ganhos em peso ao longo do período monitorado. Os limites de controle superior (LSC = 232,3) e inferior (LIC = 157,4) estabelecem a faixa de variação esperada para a média do processo quando operando de forma estável.

Observamos dois pontos que ultrapassam o limite de controle superior: as amostras 7 e 10. Esses pontos sugerem que, nesses momentos específicos, a média dos ganhos em peso foi significativamente maior do que o esperado, indicando possíveis causas especiais de variaEm relação ao gráfico da Amplitude (R), a linha central ($\bar{R}=19,92$) representa a amplitude média da variação dentro de cada amostra. O limite de controle superior (LSC = 65,08) define o limite máximo esperado para a dispersão dos valores dentro de uma amostra. O limite inferior (LIC = 0) indica a ausência de variabilidade. Identificamos um ponto (amostra 7) que excede substancialmente o limite de controle superior. Isso indica que, nessa amostra em particular, a variabilidade nos ganhos de peso foi muito maior do que o normal, sugerindo uma inconsistência ou instabilidade momentânea no processo que afetou a dispersão dos resultados. A presença de pontos fora dos limites de controle em ambos os gráficos (\bar{X} e R) indica que o processo de ganhos em peso não está sob controle estatístico durante o período analisado. Os desvios na média sugerem mudanças no nível central do processo, enquanto o ponto fora do limite no gráfico da amplitude aponta para um aumento

Tabela 8: Insumos – 1ª Semana e 2ª Semana

Insumos	1º Semana	2º Semana	Total
Ração	R\$ 34,44	R\$ 37,80	R\$ 72,24
Silagem	R\$ 51,66	R\$ 157,50	R\$ 209,16
Total	R\$ 86,10	R\$ 195,30	R\$ 281,40

Fonte: Próprio Autor, 2024

Tabela 9: Insumos Período de Confinamento

Insumos	1ª Semana	2ª Semana	3ª Semana	4ª Semana	5ª Semana	6ª Semana	7ª Semana	8ª Semana	9ª Semana	10ª Semana	11ª Semana	12ª Semana	Total
Ração	R\$ 34,44	R\$ 37,80	R\$ 51,66	R\$ 588,84									
Silagem	R\$ 51,66	R\$ 157,50	R\$ 1.784,16										
Total	R\$ 86,10	R\$ 195,30	R\$ 209,16	R\$ 2.373,00									

Fonte: Próprio Autor, 2024

Tabela 10: Custos dos insumos

Insumos	Total	Animais (100 cabeças)
Ração	R\$ 588,84	R\$ 58.884,00
Silagem	R\$ 1.784,16	R\$ 178.416,00
Total	R\$ 2.373,00	R\$ 237.300,00

Fonte: Próprio Autor, 2024

De acordo com a Tabela 8, que detalha os custos de insumos (ração e silagem) nas duas primeiras semanas, mostrando um aumento nos gastos da primeira para a segunda semana, impulsionado principalmente por um salto significativo no custo da silagem. O custo total de insumos nas duas semanas foi de R\$ 281,40, sendo a silagem o item de maior peso nesse valor.

Dando continuidade, a tabela 9, expande a análise para 12 semanas, revelando que após um aumento na segunda semana, os custos semanais de ração (R\$ 51,66) e silagem (R\$ 157,50) se estabilizam. Ao longo das 12 semanas, o custo total de ração atinge R\$ 588,84 e o de silagem R\$ 1.784,16, totalizando um custo de insumos de R\$ 2.373,00. Essa tabela demonstra a consistência dos custos semanais após o ajuste inicial na segunda semana, com a silagem representando a maior parte do gasto acumulado.

A tabela 10, resume os custos totais de insumos para um lote de 100 animais ao longo do período analisado (implícito como 12 semanas, seguindo a segunda tabela). Ela indica que o custo total de ração para as 100 cabeças é de R\$ 58.884,00, o custo total de silagem é de R\$ 178.416,00, resultando em um custo total de

alimentação de R\$ 237.300,00. Essa tabela enfatiza o montante total necessário para alimentar um lote de 100 animais com base nos custos semanais detalhados nas tabelas anteriores, com a silagem representando a maior parcela desse investimento.

Considerando as informações descritas nas tabelas 8, 9 e 10, em conjunto, podemos concluir que a alimentação representa um custo significativo, especialmente a silagem, que demonstra um aumento expressivo já na segunda semana e se mantém como o principal componente dos gastos ao longo de 12 semanas. Para um lote de 100 animais, o investimento total em ração e silagem nesse período atinge um valor considerável de R\$ 237.300,00, com a silagem contribuindo com a maior parte desse montante. A estabilidade dos custos semanais após a segunda semana sugere um padrão de consumo definido, mas o aumento inicial da silagem merece investigação para otimizar os custos de produção.

Tabela 11: Análise dos resultados

Seq	Σ Peso Saída	μ Quebra 55%	Arroba Líquida	Insumos R\$	Valor Arroba	Resultado Bruto	Resultado Líquido
1-100	67.355	37.04,25	2.470	R\$ 237.300,00	323,51	R\$ 799.069,70	R\$ 561.769,70

Fonte: Próprio Autor, 2024

A tabela 11, evidencia o desempenho do lote de 100 bovinos de corte revela um peso de saída total de 67.355 kg, que, com um rendimento de carcaça de 55%, resultou em 2.470 arrobas líquidas. O investimento em insumos para alcançar essa produção foi de R\$ 237.300,00. A venda dessas arrobas a um preço médio de R\$ 323,51 gerou uma receita bruta de R\$ 799.069,70. Subtraindo o custo dos insumos, o resultado bruto da operação foi de R\$ 561.769,70. O resultado líquido final, após a dedução de outros custos não especificados, tais como o custo de aquisição, também se manteve em R\$ 561.769,70, indicando uma lucratividade considerável para o lote analisado.

Após a análise das diversas informações obtidas através do CEP, mediante as cartas de controles das operações de entrada de animais e saídas de animais, bem como, se baseando no empirismo dos profissionais que atuam com estes animais, indica-se que o peso ideal para entrada em confinamento será de 450 quilos em média, para saída do confinamento será de 670 quilos em média, o que propiciará um ganho médio de peso de 190 quilos. Desta forma propiciará, a redução no consumo dos insumos e consequentemente, minimização de custos, bem como, a maximização dos resultados.

5 CONCLUSÃO

Em suma, a aplicação das ferramentas do Controle Estatístico de Processo (CEP) no contexto da produção de bovinos para abate, representa uma abordagem promissora para a definição de limites de especificação realistas para o peso ideal. Ao analisar a variabilidade inerente ao processo produtivo através da coleta e análise de dados detalhados ao longo do tempo, foi possível estabelecer limites de peso de abate que reflitam a capacidade real do sistema, otimizando assim a produção, a qualidade do produto e, conseqüentemente, a rentabilidade da operação pecuária.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, M. M. de et al. Intensificação da produção bovina no Brasil: avanços e desafios. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, MG, v. 52, e20220155, p. 1-15, 2023.

ALLEN, D. M.; MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. Statistics for engineering and the sciences. New York: McGraw-Hill, 1996.

ANDRADE, P. V. D. et al. Controle estatístico de processo aplicado ao peso vivo de bovinos de corte em sistema de pastagens. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, MG, v. 39, n. 12, p. 2701-2708, dez. 2010.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA/CNA). PIB do agronegócio fecha 2024 com crescimento de 1,81%. 2025. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/noticias/pib-do-agronegocio-fecha-2024-com-crescimento-de-1-81>. Acesso em: 1 jun. 2025.

CRUZ, G. M. da et al. Qualidade da carne bovina brasileira: fatores de influência e perspectivas futuras. Ciência Animal Brasileira, Goiânia, v. 23, e-73004, p. 1-18, 2022.

DEMING, W. E. Out of the crisis. Cambridge: MIT Center for Advanced Engineering Study, 1986.

EUCLIDES FILHO, K. A pecuária de corte no Brasil: novos horizontes, novos desafios. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 1997.

ISHIKAWA, K. What is total quality control? The Japanese way. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1985.

LÔBO, R. B.; BEZERRA, L. A. F.; OLIVEIRA, H. N. Melhoramento genético do zebu para produção de carne. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, MG, v. 29, supl. 6, p. 192-200, 2000.

MARSHALL, I. J. Gestão de qualidade. Rio de Janeiro: FGV, 2003.

MONTGOMERY, D. C. Statistical quality control: a modern approach. 8. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2020.

NRC (NATIONAL RESEARCH COUNCIL). Nutrient requirements of beef cattle. 8. ed. Washington: National Academies Press, 2016.

OWENS, F. N.; GILL, D. R.; SECRIST, D. S.; COLEMAN, S. L. Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, Oxford, v. 73, n. 10, p. 3152-3172, out. 1995.

PARANHOS DA COSTA, M. J. R. Bem-estar animal: a ciência e o desafio. Jaboticabal: [s. n.], 2008.

PRESTON, T. R.; WILLIS, M. B. Intensive beef production. Oxford: Pergamon Press, 1974.

REBELATO, M. G. et al. Estudo sobre a aplicação de gráficos de controle em processos de saturação de papel. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13., 2006, Bauru. Anais eletrônicos [...]. Bauru, 2006. Disponível em: https://simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/820.pdf. Acesso em: 1 jun. 2025.

SAVELL, J. W.; CROSS, H. R.; SMITH, G. C. The influence of carcass weight and degree of marbling on the palatability attributes of beef. *Journal of Animal Science*, Oxford, v. 62, n. 2, p. 370-382, fev. 1986.

SHEWHART, W. A. Economic control of quality of manufactured product. Princeton: D. Van Nostrand Company, 1931.

SIQUEIRA, L. G. P. Controle estatístico do processo. São Paulo: Pioneira Thompson, 1997.

SURVEYMONKEY. Calculadora de tamanho de amostra. [20--?]. Disponível em: <https://pt.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/>. Acesso em: 1 jun. 2025.

TACONELI, C.; ZEVIANI, W. Gráficos de controle: CE219 - controle estatístico de qualidade. 2019. Disponível em: <http://leg.ufpr.br/~walmes/ensino/CEQ/slides/03-grafico-de-controle.pdf>. Acesso em: 1 jun. 2025.

TULLIO, R. R. et al. Pecuária de corte sustentável no Brasil: panorama e estratégias para o futuro. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, New York, v. 48, n. 3, p. 355-378, 2024.

WOLFFENBÜTTEL, A. Desvio padrão. 2006. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&id=2104:catid=28. Acesso em: 1 jun. 2025.

ANEXOS

ANEXO 1 – Peso Entrada

Seq	Peso Entrada	Fr. Relativa Peso entrada	Fr. Acum Peso Entrada
1	480	1,00%	1,00%
2	435	0,91%	1,91%
3	497	1,04%	2,95%
4	495	1,03%	3,98%
5	482	1,01%	4,99%
6	483	1,01%	6,00%
7	498	1,04%	7,04%
8	530	1,11%	8,15%
9	510	1,07%	9,21%
10	500	1,04%	10,26%
11	470	0,98%	11,24%
12	468	0,98%	12,22%
13	550	1,15%	13,37%
14	480	1,00%	14,37%
15	425	0,89%	15,26%
16	430	0,90%	16,16%
17	488	1,02%	17,17%
18	440	0,92%	18,09%
19	490	1,02%	19,12%
20	492	1,03%	20,15%
21	450	0,94%	21,09%
22	470	0,98%	22,07%
23	455	0,95%	23,02%
24	438	0,92%	23,93%
25	490	1,02%	24,96%
26	481	1,00%	25,96%

27	477	1,00%	26,96%
28	515	1,08%	28,03%
29	480	1,00%	29,04%
30	477	1,00%	30,03%
31	481	1,00%	31,04%
32	466	0,97%	32,01%
33	458	0,96%	32,97%
34	469	0,98%	33,95%
35	485	1,01%	34,96%
36	495	1,03%	36,00%
37	487	1,02%	37,01%
38	445	0,93%	37,94%
39	441	0,92%	38,86%
40	470	0,98%	39,85%
41	466	0,97%	40,82%
42	483	1,01%	41,83%
43	482	1,01%	42,84%
44	458	0,96%	43,79%
45	457	0,95%	44,75%
46	522	1,09%	45,84%
47	509	1,06%	46,90%
48	502	1,05%	47,95%
49	468	0,98%	48,93%
50	480	1,00%	49,93%
51	479	1,00%	50,93%
52	483	1,01%	51,94%
53	485	1,01%	52,95%
54	455	0,95%	53,90%
55	459	0,96%	54,86%
56	484	1,01%	55,87%
57	488	1,02%	56,89%
58	481	1,00%	57,90%
59	491	1,03%	58,92%
60	477	1,00%	59,92%
61	474	0,99%	60,91%
62	468	0,98%	61,89%
63	469	0,98%	62,87%

64	479	1,00%	63,87%
65	480	1,00%	64,87%
66	485	1,01%	65,88%
67	483	1,01%	66,89%
68	493	1,03%	67,92%
69	477	1,00%	68,92%
70	471	0,98%	69,90%
71	464	0,97%	70,87%
72	468	0,98%	71,85%
73	483	1,01%	72,86%
74	480	1,00%	73,86%
75	491	1,03%	74,89%
76	500	1,04%	75,93%
77	515	1,08%	77,01%
78	470	0,98%	77,99%
79	465	0,97%	78,96%
80	490	1,02%	79,99%
81	480	1,00%	80,99%
82	483	1,01%	82,00%
83	479	1,00%	83,00%
84	474	0,99%	83,99%
85	456	0,95%	84,94%
86	480	1,00%	85,94%
87	489	1,02%	86,97%
88	479	1,00%	87,97%
89	477	1,00%	88,96%
90	480	1,00%	89,97%
91	482	1,01%	90,97%
92	475	0,99%	91,97%
93	478	1,00%	92,96%
94	483	1,01%	93,97%
95	497	1,04%	95,01%
96	498	1,04%	96,05%
97	490	1,02%	97,08%
98	430	0,90%	97,97%
99	480	1,00%	98,98%
100	490	1,02%	100,00%

ANEXO 2 – Peso Saída

Seq	Peso Saída	Fr. Relativa Peso Saída	Fr. Acum Peso Saída
1	680	1,01%	1,01%
2	689	1,02%	2,03%
3	685	1,02%	3,05%
4	670	0,99%	4,04%
5	675	1,00%	5,05%
6	678	1,01%	6,05%
7	700	1,04%	7,09%
8	710	1,05%	8,15%
9	730	1,08%	9,23%
10	705	1,05%	10,28%
11	701	1,04%	11,32%
12	681	1,01%	12,33%
13	669	0,99%	13,32%
14	679	1,01%	14,33%
15	681	1,01%	15,34%
16	682	1,01%	16,35%
17	689	1,02%	17,38%
18	679	1,01%	18,38%
19	680	1,01%	19,39%
20	666	0,99%	20,38%
21	670	0,99%	21,38%
22	673	1,00%	22,38%
23	683	1,01%	23,39%
24	681	1,01%	24,40%
25	690	1,02%	25,43%
26	694	1,03%	26,46%

27	695	1,03%	27,49%
28	693	1,03%	28,52%
29	670	0,99%	29,51%
30	665	0,99%	30,50%
31	670	0,99%	31,49%
32	673	1,00%	32,49%
33	671	1,00%	33,49%
34	668	0,99%	34,48%
35	665	0,99%	35,47%
36	679	1,01%	36,48%
37	680	1,01%	37,49%
38	670	0,99%	38,48%
39	675	1,00%	39,48%
40	660	0,98%	40,46%
41	659	0,98%	41,44%
42	652	0,97%	42,41%
43	662	0,98%	43,39%
44	631	0,94%	44,33%
45	648	0,96%	45,29%
46	659	0,98%	46,27%
47	660	0,98%	47,25%
48	663	0,98%	48,23%
49	649	0,96%	49,20%
50	655	0,97%	50,17%
51	659	0,98%	51,15%
52	665	0,99%	52,14%
53	669	0,99%	53,13%
54	678	1,01%	54,14%
55	675	1,00%	55,14%
56	674	1,00%	56,14%
57	680	1,01%	57,15%
58	659	0,98%	58,13%
59	670	0,99%	59,12%
60	650	0,97%	60,09%
61	678	1,01%	61,09%
62	677	1,01%	62,10%
63	675	1,00%	63,10%

64	670	0,99%	64,09%
65	700	1,04%	65,13%
66	648	0,96%	66,10%
67	660	0,98%	67,08%
68	679	1,01%	68,08%
69	677	1,01%	69,09%
70	678	1,01%	70,10%
71	681	1,01%	71,11%
72	680	1,01%	72,12%
73	683	1,01%	73,13%
74	679	1,01%	74,14%
75	676	1,00%	75,14%
76	673	1,00%	76,14%
77	675	1,00%	77,14%
78	670	0,99%	78,14%
79	669	0,99%	79,13%
80	660	0,98%	80,11%
81	659	0,98%	81,09%
82	655	0,97%	82,06%
83	658	0,98%	83,04%
84	668	0,99%	84,03%
85	674	1,00%	85,03%
86	670	0,99%	86,03%
87	649	0,96%	86,99%
88	655	0,97%	87,96%
89	659	0,98%	88,94%
90	671	1,00%	89,94%
91	680	1,01%	90,95%
92	682	1,01%	91,96%
93	680	1,01%	92,97%
94	679	1,01%	93,98%
95	675	1,00%	94,98%
96	679	1,01%	95,99%
97	678	1,01%	96,99%
98	671	1,00%	97,99%
99	680	1,01%	99,00%
100	674	1,00%	100,00%

ANEXO 3 – Peso Ganho

Seq	Peso Entrada
1	480
2	435
3	497
4	495
5	482
6	483
7	498
8	530
9	510
10	500
11	470
12	468
13	550
14	480
15	425
16	430
17	488
18	440
19	490
20	492
21	450
22	470
23	455
24	438
25	490
26	481
27	477

28	515
29	480
30	477
31	481
32	466
33	458
34	469
35	485
36	495
37	487
38	445
39	441
40	470
41	466
42	483
43	482
44	458
45	457
46	522
47	509
48	502
49	468
50	480
51	479
52	483
53	485
54	455
55	459
56	484
57	488
58	481
59	491
60	477
61	474
62	468
63	469
64	479

65	480
66	485
67	483
68	493
69	477
70	471
71	464
72	468
73	483
74	480
75	491
76	500
77	515
78	470
79	465
80	490
81	480
82	483
83	479
84	474
85	456
86	480
87	489
88	479
89	477
90	480
91	482
92	475
93	478
94	483
95	497
96	498
97	490
98	430
99	480
100	490