

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção**

A comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**APLICAÇÃO DOS GRÁFICOS DE CONTROLE PARA VALORES
INDIVIDUAIS NA ÁREA DA SAÚDE**

elaborada por

Angela Isabel dos Santos

Como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia de Produção

COMISSÃO EXAMINADORA:

Luis Felipe Dias Lopes, Dr.
(Presidente/Orientador)

Angela Pellegrin Ansuji, Dr^a. (UFSM)

Suzana Leitão Russo, Dr^a. (UFS)

Santa Maria, 27 de dezembro de 2006.

À Maria Emilia Camargo, Osvaldo Camargo,
Angela Domingas Fillipin dos Santos (*in memoriam*)
e Ricardo Luis Dullius.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Luis Felipe Dias Lopes pela dedicação e empenho em suprir de informações para atingirmos a pós-graduação e pela orientação segura e pelos conhecimentos transmitidos.

Aos meus professores Angela Pellegrin Ansuji e Adriano Mendonça Souza pelos conhecimentos transmitidos e pela amizade dispensada.

Às Prof^{as}. Dr^{as}. Suzana Leitão Russo e Angela Pellegrin Ansuji pela participação na banca examinadora e pelas sugestões para melhoria desse trabalho.

A todos os professores do extinto Mestrado em Métodos Quantitativos (UFES), em especial ao Prof. Dr. Shamil I. Galiev, ao Prof. Dr. Anvar M. Araslanov e ao Prof. Dr. Odorico Antônio Bortoluzzi pelo conhecimento transmitido.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção pelo conhecimento transmitido.

Aos funcionários do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

A meus pais: Maria Emilia e Osvaldo pelo carinho, amizade, compreensão, incentivo e por sempre se fazerem presentes em minha vida, me apoiando e me guardando.

Ao meu esposo Ricardo Luis Dullius, pelo amor, amizade, carinho, compreensão, por ter me apoiado nos momentos mais difíceis e por ter compreendido minha ausência em muitos momentos, aos quais me dediquei a esse trabalho, meu amor e meu sincero reconhecimento.

A minha tia Terezinha dos Santos Petry pelo incentivo, apoio e amizade em todos os momentos difíceis, bem como a meu tio Deoclécio e minhas primas Natália e Letícia.

Às minhas manas Mariane Camargo Priesnitz, Tiane Camargo e ao meu cunhado Walter Priesnitz Filho pela amizade e carinho transmitidos ao longo do tempo.

À minha sogra Gladys Sirley Kahan Dullius pela acolhida, pela amizade e compreensão e pelo carinho transmitido seja por gestos ou por palavras confortadoras.

Aos meus amigos do coração Adriana Paes Monego Frigeri e Jadir Antônio Frigeri, pela amizade, compreensão e carinho.

Aos amigos do Serviço de Medicina Nuclear de Santa Maria em especial ao Carlos Alberto dos Santos e Renato Costa.

A Brisa pelo companheirismo e amor transmitidos.

À Prof. Dr^a. Jandyra Maria Guimarães Fachel pelo conhecimento transmitido, pelo apoio e compreensão.

Enfim, meu eterno agradecimento a minha avó Angela Domingas Fillipin dos Santos (*in memmorian*), que em todos os momentos aqui vividos me ensinou os preceitos de amor, justiça, bondade, compreensão e que sempre me incentivou a crescer intelectualmente meu eterno amor e agradecimento, sei que um dia nos encontraremos de novo e então saberei retribuir todos os momentos maravilhosos a que me proporcionou.

“Cada homem tem seu lugar no
tempo que lhe é concedido.

Sua tarefa nunca é maior do que
sua capacidade para poder cumpri-la”.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

APLICAÇÃO DOS GRÁFICOS DE CONTROLE PARA VALORES INDIVIDUAIS NA ÁREA DA SAÚDE

AUTORA: ANGELA ISABEL DOS SANTOS
ORIENTADOR: LUIS FELIPE DIAS LOPES
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 27 de dezembro 2006.

Os gráficos de controle são ferramentas importantes que servem para acompanhar o comportamento de variáveis na área da saúde, servindo para que os profissionais da área monitorem seus pacientes. Este trabalho teve como objetivo mostrar a aplicação dos gráficos de controle para valores individuais na área da saúde. Foi realizado um estudo de caso, formado de uma pessoa com Diabetes Mellitus Tipo II, em tratamento, cujos valores da glicemia de jejum foram acompanhados durante o período de 1º de maio de 2006 a 16 de agosto de 2006. A glicemia de jejum foi realizada todos os dias no mesmo horário, pela manhã. Com esses dados, demonstrou-se a aplicação dos gráficos de controle individual X_i , os gráficos de controle da amplitude móvel R_m para dados individuais, gráficos de controle para somas acumuladas CUSUM para dados individuais e gráficos de controle de médias móveis exponencialmente ponderada EWMA para dados individuais para monitoração da glicemia de jejum para o paciente descrito. Conclui-se que Sob o ponto de vista tratamento, pode haver uma maior adequação da dosagem de insulina no tratamento relacionados ao controle da variação das taxas de glicose, causada pela redução na taxa de amostragem quando a carta estiver indicando um processo sob controle. Cabe, notar que, embora a diferença entre o número médio de amostras necessário para as cartas CUSUM, EWMA e as cartas de Shewhart emitirem sinal fora de controle (ARL) possa parecer pequena, a economia proporcionada pelas cartas CUSUM e EWMA pode ser significativa quando se considera sua utilização por longos períodos de tempo.

Palavras Chaves: Cartas de controle; taxas

ABSTRACT

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

THE APPLICATION OF THE CONTROL CHARTS FOR INDIVIDUAL VALUES IN THE AREA OF HEALTH

AUTHOR: ANGELA ISABEL DOS SANTOS

ADVISOR: LUIS FELIPE DIAS LOPES

Place and Date of Dissertation Defense: Santa Maria, December 27, 2006.

The control charts are important tools which serve to follow the behavior of variables in the health area. They help the professionals of the area to monitor their patients. This work aimed to show the application of the charts control for individual values in the health area. A case study was developed; it was composed by a Type II Diabetes Mellitus person who was in treatment. His values of the glicemy over fast were followed in the period of May 1 to August 16, 2006. The glicemy level of fast was tested every day in the same time in the morning. With these data, the application of the control charts of individual X_i was shown. The control charts of mobile range R_m for individual data, control chart for accumulated additions CUSUM for individual data and mobile averages control chart of exponentially weighed EWMA for individual data to monitore the glicemy of fast of the described patient was demonstrated. It was concluded that under the point of view of the treatment, a higher adequacy of the dosage of insulin in the treatment is possible when related to the control of the variation of the glucose taxes. It is caused by the reduction in the sampling tax when the chart indicates a process under control. It is noticed that, although the difference between the average sample required for chart CUSUM, EWMA and the chart of Shewhart to emit signal out of control (ARL) can seem small, the economy provided for chart CUSUM and EWMA can be significant when it is used for a long period of time.

Key-Words: control charts; glucose taxes

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - A CARTA CUSUM SOB A FORMA DA MÁSCARA V.....	21
Figura 2 - Comportamento da taxa diária de glicose As estatísticas descritivas da taxa de glicose estão apresentadas na Tabela 1	34
Figura 3 - Histograma dos valores da taxa de glicose.....	36
Figura 4 - Gráfico da Probabilidade da distribuição Normal.....	37
Figura 5 - Coeficientes da Função de Autocorrelação	38
Figura 6 - Coeficientes da Função de Autocorrelação Parcial....	39
Figura 7: Comportamento dos resíduos obtidos pelo modelo ARMA(1,1).....	41
Figura 8: Histograma da série de resíduos.....	42
Figura 9: Valores dos resíduos ajustados a distribuição Normal.....	42
Figura 10: Coeficientes de Autocorrelação.....	43
Figura 11: Gráfico \bar{X} para a taxa de glicose.....	44
Figura 12: Gráfico R para a taxa de glicose.....	45
Figura 13: Gráfico CUSUM para a média.....	46
Figura 14: Gráfico EWMA para a taxa de glicose.....	47
Figura 15: Gráfico \bar{X} para os resíduos da taxa de glicose.....	48
Figura 16: Gráfico da Amplitude Móvel para os resíduos dos valores da taxa de glicose..	48
Figura 17: Gráfico CUSUM para os valores dos resíduos da taxa de glicose.....	49
Figura 18: Gráfico EWMA para os valores dos resíduos da taxa de glicose.....	50
Figura 19: Desempenho de ARL dos gráficos de Shewhart, CUSUM e EWMA	52

LISTA DE QUADROS E TABELAS

QUADRO 1- Principais diferenças entre diabetes Tipo 1 e Tipo 2.....	30
TABELA 1 - As estatísticas descritivas da taxa de glicose.....	35
TABELA 2 – Parâmetros estimados do modelo ARMA(1,1).....	40
TABELA 3 – Comparação dos pontos fora de controle detectados pelos gráficos de Shewhart, CUSUM e EWMA.....	50
TABELA 4 - Valores de $E(N_1)$ para o gráfico de Shewhart, $E(N_2)$ para o gráfico CUSUM, $E(N_3)$ para o EWMA e a eficiência relativa.....	51

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 JUSTIFICATIVA	2
1.2 OBJETIVOS	2
1.3 METODOLOGIA	4
1.4 APRESENTAÇÃO DOS CAPÍTULOS	5
2 REVISÃO DE LITERATURA	7
2.1 CARTA DE CONTROLE EWMA	14
2.2 A CARTA DE SOMAS ACUMULADAS	18
2.3 AUTOCORRELAÇÃO	25
2.4 MODELO DE SÉRIES TEMPORAIS	26
2.5 DIABETE MELLITUS	28
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4 CONCLUSÃO	53
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

1 INTRODUÇÃO

Os gráficos de controle, introduzidos por SHEWHART (1931), são ferramentas que permitem avaliar se o comportamento do processo, em termos de variação, é previsível. Um processo é um conjunto de causas articuladas que produzem um ou mais efeitos. Neste caso o processo considerado é uma pessoa, cujo resultado é conhecer o seu estado em relação aos níveis de glicose. Segundo KELLEY (2003) os gráficos de controle representam métodos alternativos para analisar e apresentar dados na área da saúde. Em qualquer processo é impossível resultados sem variabilidade. Tal impossibilidade deve-se as causas de variação inerentes aos processos. Dois tipos de variações podem estar presentes em um processo, ou seja, causas comuns e/ ou causas especiais.

As causas comuns (ou aleatórias) de variação são causas intrínsecas ao processo (DEMING, 1990), possuindo distribuição estável. A identificação individual dessas causas é geralmente uma tarefa difícil. Tentativas pontuais de ações sobre causas comuns geralmente reduzem pouco a variação, e a redução significativa dessas causas exige uma reavaliação de todo sistema, acarretando altos custos para o mantenedor do processo.

As causas especiais (ou identificáveis) de variação são causas que, atuando sobre o processo, causam grandes variações nesse. Essas causas possuem distribuição instável e geralmente são de fácil identificação. Ações sobre causas especiais, se existirem, devem ser preferidas, pois são de custo baixo e reduzem bastante a variação do processo.

1.1 JUSTIFICATIVA

Os gráficos de controle são ferramentas importantes que servem para acompanhar o comportamento de variáveis na área da saúde, servindo para que os profissionais da área monitorem seus pacientes.

1.1.2 Problema

A existência de autocorrelação implica na indicação de muitos alarmes falsos através das cartas de controle (Montgomery, 2000). Nesse caso, o processo é interrompido freqüentemente para a investigação de um problema quando ele na verdade não existe. O problema então confrontado nessa pesquisa pode ser assim resumido:

Como utilizar de forma eficaz os gráficos de controle, notadamente uma ótima ferramenta no trato com as variações, em observações individuais na área da saúde que sejam autocorrelacionadas?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o desempenho dos gráficos de controle para valores individuais na área da saúde.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver um estudo teórico e prático sobre os gráficos de controle de qualidade na área da saúde;
- Demonstrar a aplicação e construção de gráficos de controle individual X_i para dados da área da saúde;
- Demonstrar a aplicação e construção de gráficos de controle de amplitude móvel R_m para dados individuais da área da saúde;
- Apresentar a aplicação e construção de gráficos de controle para somas acumuladas CUSUM para dados individuais da área da saúde;
- Apresentar a aplicação e construção de gráficos de controle de médias móveis exponencialmente ponderada EWMA para dados individuais da área da saúde;
- Apresentar a aplicação e construção de gráficos de controle para os resíduos obtidos através de séries temporais para dados individuais autocorrelacionados da área da saúde;
- Verificar qual gráfico tem melhor desempenho para o monitoramento de dados individuais na área da saúde.

1.3 METODOLOGIA

Esta pesquisa se caracteriza por ser um estudo de caso. Para Gil (1989), o estudo de caso é caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira a permitir conhecimento amplo e detalhado do mesmo.

1.3.1 Delineamento e Perspectiva da Pesquisa

Após a definição do problema da pesquisa, torna-se necessário traçar um modelo conceitual e operativo da mesma. Para compreensão da proposição, é necessário um planejamento da pesquisa, envolvendo tanto o plano quanto a estrutura que será empregada na investigação, com a finalidade de se obter respostas para as indagações de pesquisa. Neste sentido GIL (1996) reflete que o delineamento expressa o desenvolvimento da pesquisa, com ênfase nos procedimentos técnicos de coleta e análise de dados.

Para atingir os objetivos propostos se faz necessário indicar o tipo de estudo da pesquisa. Desta forma, esta pesquisa possui um enfoque descritivo, por se tratar de uma pesquisa que busca identificar e analisar uma realidade e, para TRIVIÑOS (1995), o foco essencial destes estudos reside no desejo de conhecer a comunidade e tem a pretensão de descrever com exatidão os fatos e fenômenos relacionados a esta realidade.

Segundo a teoria norteadora de um estudo descritivo, esta pesquisa será segmentada em duas partes: pesquisas em fontes secundárias e estudo de caso. Em relação à primeira, será feita uma revisão bibliográfica, com a finalidade de se conseguir

a atualização do tema a ser pesquisado. Em relação a segunda parte da pesquisa, o estudo de caso está justificado por TRIVIÑOS (1995).

Foi realizado um estudo de caso, formado de uma pessoa com Diabetes Mellitus Tipo II, em tratamento, cujos valores da glicemia de jejum foram acompanhados durante o período de 1º de maio de 2006 a 16 de agosto de 2006. A glicemia de jejum foi realizada todos os dias no mesmo horário, pela manhã.

Com esses dados, pretende-se demonstrar a aplicação e construção de gráficos de controle individual X_i , os gráficos de controle da amplitude móvel R_m para dados individuais, gráficos de controle para somas acumuladas CUSUM para dados individuais e gráficos de controle de médias móveis exponencialmente ponderada EWMA para dados individuais para monitoração da glicemia de jejum para o paciente com Diabetes Mellitus Tipo II.

Após este estudo verificar-se-á qual gráfico tem melhor desempenho para o monitoramento de dados individuais na área da saúde.

As análises serão realizadas nos pacotes estatísticos Statistica 7.1, SPSS 13.0 e Minitab.

1.4 APRESENTAÇÃO DOS CAPÍTULOS

Esta dissertação está estruturada em cinco capítulos. O primeiro capítulo consta da introdução, justificativa, problema da pesquisa, objetivos e metodologia. No segundo capítulo encontra-se a revisão de literatura. A análise dos resultados encontra-se no

terceiro capítulo. A conclusão consta no quarto capítulo e finalmente, o quinto capítulo, traz a bibliografia.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo ALMEIDA (2003) o gráfico de controle foi originalmente proposto em 1924, por W. A . Shewhart, que trabalhou no Bell Telephone Laboratories, com a intenção de eliminar variações anormais em um determinado processo produtivo. Os gráficos de controle são utilizados para obter-se um estado de controle estatístico e também para monitorar o processo. Esses fatos tornam o gráfico de controle uma das ferramentas mais utilizadas do Controle Estatístico de Processo (CEP), que possui ferramentas para monitorar o estado do processo e distinguir entre causas comuns e causas especiais de variabilidade. As causas comuns são originárias da variabilidade natural do processo, sendo, portanto, consideradas aleatórias, sinalizando que o processo está sob controle estatístico. Já as causas especiais originárias da formação de padrões, sinalizando que algo especial está influenciando o processo, sendo, portanto necessário identificá-la e removê-la para que toda a produção não seja afetada. Quando causas especiais aparecem, diz-se que o processo está fora de controle estatístico.

SHEWHART (1931) diz que um gráfico de controle consiste de três linhas paralelas: uma linha média que reflete o nível de operação do processo, e duas linhas extremas denominadas limite superior de controle (LSC) e limite inferior de controle (LIC), calculados em função do desvio padrão de alguma variável do processo.

ALVES (2003) diz que para construção dos diferentes gráficos de controle existentes, selecionam-se amostras aleatórias de tamanho n de um processo ao longo do tempo (usando intervalos fixos ou variáveis), e marca-se no gráfico valores sucessivos de uma dada estatística amostral associada ao processo como a amplitude, a média, etc. Os valores marcados no gráfico de controle devem ser comparados com

as duas linhas de ação (LSC e LIC) ou eventualmente com apenas uma delas. A teoria estatística desenvolvida por W. A. Shewhart, para o cálculo dos limites de controle baseia-se na idéia de que, sendo um processo estável, então uma estatística qualquer calculada a partir dos dados fornecidos pelas amostras terá probabilidade aproximadamente igual a 1 de estar no intervalo $(-3\sigma, 3\sigma)$, a partir da média da população. Na prática como não se conhece o valor da média e nem o desvio padrão dessa população, torna-se necessário substituí-los por estatísticas fornecida pelas amostras.

KELLEY (2003) apresenta uma disposição das ferramentas da qualidade para o profissional da saúde, enfatizando o uso de cartas do controle, fornecendo uma ligação entre estas ferramentas e os padrões que relacionam-se à melhoria do desempenho para as organizações de saúde, fornecendo um completo guia de referência para cartas do controle fácil de compreender as instruções, exemplos, e o uso extensivo dos gráficos.

LLOYD & CAREY (2003) diz que a melhoria de qualidade de medição em saúde cobre aplicações práticas das ferramentas e das técnicas do controle do processo estatístico (SPC), incluindo cartas do controle, em ajustes a dados da saúde. Discussões diretas do levantamento de dados, da variação, e da melhoria do processo ajustaram o contexto para o uso e a interpretação de cartas do controle.

Para MONTGOMERY (1996), em algumas situações, o monitoramento de um processo é feito mediante observações individuais, ou seja, a partir de um processo de amostras seqüenciais de tamanho $n=1$. Exemplos de tais situações ocorrem quando: a tecnologia de mensuração do processo utilizada é a inspeção automatizada, onde toda unidade produzida é avaliada, ou os dados demoram muito tempo para serem disponibilizados e, esperar por mais medições para se obter uma amostra de maior

tamanho pode ser inapropriado, pois as ações corretivas podem não ser executadas no tempo adequado, ou as medidas repetidas no processo diferem apenas por erro de análise ou erro laboratorial, situação bastante freqüente em processos de substâncias químicas onde o tempo ou o custo necessário da medição de apenas uma observação é mais importante que não se justifica a repetição das observações principalmente quando os custos são elevados ou ainda quando os resultados dessas medições são aproximadamente iguais.

Segundo BUCHAIM & BARBOSA NETO (1999) e MONTGOMERY (2000), quando somente valores individuais estiverem disponíveis, torna-se necessário o emprego destes tipos (X_i e R_m) de gráficos. A amplitude móvel (R_m) é definida como sendo a diferença (em módulo) entre m valores individuais consecutivos, que serve para verificar a dispersão do processo.

Para MONTGOMERY (2000) a amplitude móvel é dada por:

$$R_m = |X_i - X_{i-1}| \quad (1)$$

Segundo MONTGOMERY (1996) *apud* ALVES (2003), supondo-se um processo onde a característica de qualidade de interesse X_i a ser controlada tenha distribuição normal com média μ e desvio padrão σ .

Se $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ são amostras resultantes das observações individuais, ou seja, amostras de tamanho $n=1$ de distribuição com média μ e desvio padrão $\sigma_{\bar{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \sigma$ pois $n=1$, ou seja $\bar{X} \sim N\left(\mu, \sigma_{\bar{X}}\right) = N(\mu, \sigma)$. De acordo com as propriedades da distribuição normal, conclui-se que há uma probabilidade igual a $1-\alpha$ de que a média do processo

esteja entre $\mu - Z_{\frac{\alpha}{2}}\sigma$ e $\mu + Z_{\frac{\alpha}{2}}\sigma$, ou seja $P\left(\mu - Z_{\frac{\alpha}{2}}\sigma < \bar{X} < \mu + Z_{\frac{\alpha}{2}}\sigma\right) = 1 - \alpha$. Utilizando-se o sistema 3σ , que consiste em fazer $Z_{\frac{\alpha}{2}} = 3$. Neste caso, quando $k=3$, indica que 99,73% das observações do gráfico de controle estão no intervalo $\mu \pm 3\sigma$, ou seja, $P\left(\mu - 3\sigma < \bar{X} < \mu + 3\sigma\right) = 0,9973$ que é a probabilidade de ocorrência das observações dentro desse intervalo. Através do sistema 3σ , podemos concluir que a probabilidade do gráfico emitir um falso alarme é igual a $1 - \alpha = 1 - 0,9973 = 0,0027$ que é a probabilidade de ocorrência de valores fora do intervalo $(\mu - 3\sigma, \mu + 3\sigma)$ considerado.

Usando $\hat{\mu} = \bar{X}$ e $\hat{\sigma} = \frac{R_m}{d_2}$ como estimadores de μ e σ respectivamente, o modelo matemático do gráfico de controle para medidas individuais X_i fica definido com os seguintes parâmetros:

Limite Superior de Controle

$$LSC_x = \bar{X} + \frac{3}{d_2} \bar{R}_m = \bar{X} + \frac{3}{d_2} \bar{R}_m = \bar{X} + 2,66 \bar{R}_m \quad (2)$$

Linha média

$$LM_x = \bar{x} \quad (3)$$

Limite Inferior de Controle

$$LIC_x = \bar{X} - \frac{3}{d_2} \bar{R}_m = \bar{X} - \frac{3}{d_2} \bar{R}_m = \bar{X} - 2,66 \bar{R}_m \quad (4)$$

onde:

$$\text{A média do processo : } \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ii}}{n} \quad (5)$$

e

$$\text{a amplitude móvel média: } \bar{R}_m = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} R_{mi}}{n-1} \quad (6)$$

e d_2 é uma constante tabelada em função da amplitude móvel utilizada.

Segundo MONTGOMERY (1996) *apud* ALVES (2003), o modelo matemático para o gráfico da amplitude móvel R_m é definido pelos seguintes parâmetros:

Limite Superior de Controle

$$LSC = D_4 \bar{R}_m \quad (7)$$

Linha média

$$LM = \bar{R}_m \quad (8)$$

Limite Inferior de Controle

$$LIC = D_3 \bar{R}_m \quad (9)$$

onde: $D_3=0$ e $D_4=3,267$ são constantes tabeladas em função da amplitude móvel utilizada.

Segundo MONTGOMERY (1996) para avaliar o desempenho de um gráfico de controle e comparar vários procedimentos, podemos levar em conta os valores dos erros Tipo I e Tipo II associados às tomadas de decisão e as conseqüências econômicas deles resultante, isto é, custo associado à procura do problema inexistente e o custo associado a fraca qualidade que se obtém no produto final desde que a mudança ocorre até que seja detectada, no entanto, é necessário recorrer-se a outros parâmetros relacionados com a distribuição do tempo necessário para o gráfico de controle emitir um sinal, um desses parâmetros é o Comprimento Médio de Corrida: ARL (Average Run Length).

Para MONTGOMERY (1996) o desempenho de um gráfico de controle, pode ser avaliado em parte, em termos de sensibilidade para detectar desvios na estatística que está sendo monitorada. Esta sensibilidade pode ser medida pelo número de amostras coletadas até que o gráfico sinalize a ocorrência de um desvio. Para cada amostra coletada um ponto é plotado no gráfico para monitorar variações nas características de um produto ou serviço. O número de amostras (pontos) desde o re(início) do processo até o instante em que é emitido um sinal fora de controle, excluindo a amostra

responsável pela emissão do sinal é o RL (Run Length) e a média desse número de amostras é o ARL.

CROWDER (1987) estudou o ARL combinado com cartas de controle para dados individuais e para médias móveis.

Para MONTGOMERY (1996) o parâmetro ARL representa o número médio de amostras necessário para que seja detectada uma mudança após a mesma ter ocorrido no processo, ou seja, quantas amostras são necessárias até que o gráfico de controle sinalize que o processo realmente está fora de controle após um desvio médio do nominal. Para o gráfico de controle emitir esse sinal é preciso que o tempo necessário seja levado em consideração. Se o processo está sob controle, este tempo deverá ser aumentado para que a taxa de falsos alarmes seja reduzida. Se o processo estiver fora de controle, este tempo deverá ser curto para que a mudança seja detectada rapidamente. O cálculo para o parâmetro ARL é obtido através da equação:

$$ARL = \frac{1}{\alpha} \quad (10)$$

onde α é a probabilidade para qualquer um dos pontos cair fora dos limites de controle.

Para MONTGOMERY (2000) a opção para se detectar pequenas mudanças do processo se deve usar gráficos de controle para pequenos desvios do valor nominal tais como o gráfico de controle de soma acumulada (CUSUM) e/ou o gráfico de controle de média móvel exponencialmente ponderada (EWMA).

Para MONTGOMERY (1996) o gráfico de controle CUSUM é uma ferramenta estatística que acumula informações das amostras de um processo ponderando-as igualmente, isto é, as amostras têm o mesmo peso. O procedimento para a utilização do gráfico de somas acumuladas baseia-se na coleta sucessiva de amostras de

tamanho n na qual é obtida a estatística de Soma Acumulada. A técnica de Soma Acumulada pode ser aplicada tanto na construção do gráfico CUSUM para observações individuais como para observações amostrais das médias de subgrupos racionais. No caso de observações individuais a estatística utilizada é a soma acumulada dos desvios de cada valor individual com relação à medida dada pela hipótese que está sendo testada. No caso de amostras de tamanho $n > 1$ esta estatística é a soma acumulada dos desvios da média amostral com relação ao valor nominal.

Para MONTGOMERY (1996) a carta de controle de Médias Móveis Exponencialmente Ponderada é também uma alternativa boa às cartas do controle de Shewhart quando se está interessado em detectar pequenos desvios. O desempenho da carta do controle de EWMA é aproximadamente equivalente àquele da carta do controle de somas acumuladas (CUSUM), e em algumas maneiras, é mais fácil de ajustar-se e operar-se. Como com o CUSUM o EWMA é usado tipicamente com observações individuais.

2.1 CARTA DE CONTROLE EWMA

Segundo REYNOLDS & STROUMBOS (2001), a carta de controle da médias móvel exponencialmente ponderada (EWMA), tem se mostrado útil na detecção de pequenas mudanças do processo.

Seja o modelo das Médias Móveis Exponencialmente Ponderada, (MONTGOMERY *et al.* (1990); MONTGOMERY (1996)), dado por:

$$w_t = \alpha \bar{x}_t + (1 - \alpha) w_{t-1} \quad (11)$$

onde α é uma constante entre 0 e 1, e onde $w_0 = \mu$.

A seqüência de valores w_t , $t = 0, 1, 2, \dots$ é chamada de média móvel exponencialmente ponderada. Para entender porque é assim chamada, note que se fizermos substituições sucessivas para "w" na equação (1), obtém-se:

$$w_t = \alpha \bar{x}_t + (1 - \alpha) [\alpha \bar{x}_{t-1} + (1 - \alpha) w_{t-2}] \quad (12)$$

$$= \alpha \bar{x}_t + \alpha(1 - \alpha) \bar{x}_{t-1} + (1 - \alpha)^2 w_{t-2}$$

$$= \alpha \bar{x}_t + \alpha(1 - \alpha) \bar{x}_{t-1} + (1 - \alpha)^2 [\alpha \bar{x}_{t-2} + (1 - \alpha) w_{t-3}]$$

⋮

$$= \alpha \bar{x}_t + \alpha(1 - \alpha) \bar{x}_{t-1} + (1 - \alpha)^2 \bar{x}_{t-2} + \dots + \alpha(1 - \alpha)^{t-1} \bar{x}_1 + (1 - \alpha)^t \mu ,$$

onde, pode-se observar através da equação (12) que w_t é uma média ponderada para todo o subgrupo de médias para o tempo t , dando peso α para os subgrupos mais recentes e decrescendo sucessivamente com pesos $(1 - \alpha)$, assim dando pesos $(1 - \alpha)^t$ para a média populacional sob controle.

Para calcular a média e a variância de w_t , recaímos que, quando o processo está sob controle o subgrupo de médias \bar{x}_i são variáveis aleatórias independentes e normais cada uma tendo média μ e variâncias $\frac{\sigma^2}{n}$. Portanto, usando a equação (2), obtém-se:

$$E[w_t] = \mu \left[\alpha + \alpha(1 - \alpha) + \alpha(1 - \alpha)^2 + \dots + \alpha(1 - \alpha)^{t-1} \right] \quad (13)$$

$$= \frac{\mu \alpha [1 - (1 - \alpha)^t]}{1 - (1 - \alpha)} + \mu(1 - \alpha)^t$$

$$E[w_t] = \mu .$$

A variância é determinada através da equação (12)

$$\begin{aligned}
\text{Var}[w_t] &= \frac{\sigma^2}{n} \left\{ \alpha^2 + [\alpha(1-\alpha)]^2 + [\alpha(1-\alpha)^2]^2 + \dots + [\alpha(1-\alpha)^{t-1}]^2 \right\} \\
&= \frac{\sigma^2}{n} \alpha^2 [1 + \beta + \beta^2 + \dots + \beta^{t-1}], \text{ onde } \beta = (1-\alpha)^2 \\
&= \frac{\sigma^2 \alpha^2 [1 - (1-\alpha)^{2t}]}{n [1 - (1-\alpha)^2]} \\
&= \frac{\sigma^2 \alpha [1 - (1-\alpha)^{2t}]}{n(2-\alpha)}.
\end{aligned}$$

Quando o "t" é grande, e o processo está sob controle, tem-se que:

$$E[w_t] = \mu. \tag{14}$$

O método da Média Móvel Exponencialmente Ponderada é ótimo (no sentido de fornecer erros de previsão que são ruídos brancos) se w_t é gerado por um processo ARIMA(0,1,1).

2.2 A CARTA DE SOMAS ACUMULADAS (*CUSUM*)

PAGE (1954) apud REYNOLDS *et al.* (1990) desenvolveu a carta de somas acumuladas que possui uma memória curta; ou seja, leva em consideração as informações obtidas no período imediatamente anterior, além de captar mudanças pequenas ($\Delta \leq 2\sigma$), mas persistentes, que venham ocorrer no processo.

A carta *CUSUM* considera que as observações Y_j ($j = 1, 2, 3, \dots, n$) são estatisticamente independentes e identicamente distribuídas (*i.i.d.*) e seguem uma distribuição normal. Assim, determina-se a soma acumulada dos desvios da média amostral no instante t (\bar{Y}) com relação ao valor nominal (μ) do processo, como segue:

$$S_n = \sum_{j=1}^n (Y_j - \mu) \quad (15)$$

Onde:

S_n : soma acumulada dos desvios da média amostral com relação ao valor nominal do processo;

Y_j : é a j -ésima observação, sendo $j = 1, 2, 3, \dots, n$;

μ : valor nominal do processo.

Assim, a soma acumulada S_n absorve informações passadas através dos desvios, o que faz com que a carta *CUSUM* seja mais eficiente do que a carta de

Shewhart para detectar pequenas variações no processo. De acordo com Montgomery (1997), no caso da carta CUSUM é aconselhável trabalhar com os valores individuais, ao invés de se trabalhar com subgrupos racionais; já que os subgrupos contêm menos informações que os valores individuais, tornando a carta menos sensível para detectar pequenas mudanças. Existem duas maneiras de definir a soma acumulada S_n . A primeira é na escala original das observações e já foi definida na equação 06; a outra forma envolve a padronização das observações para ter a média zero e o desvio padrão igual a um, tal como pode ser definido a seguir:

$$U_j = \frac{(Y_j - \mu)}{\sigma}$$

$$S_n^* = \sum_{j=1}^n U_j$$

Onde

U_j : é a padronização dos desvios da média amostral com relação ao valor nominal do processo;

μ : valor nominal do processo;

Y_j : é a j -ésima observação, sendo $j = 1, 2, 3, \dots, n$;

S_n^* : é a soma acumulada padronizada.

Assim, as somas acumuladas de S_n e de S_n^* são idênticas, exceto pelas unidades do eixo vertical na carta. O eixo vertical das somas acumuladas de S_n^* serão medidas em múltiplos do desvio padrão dos dados, ao contrário das somas acumuladas de S_n

que serão mensuradas na mesma unidade de medida de Y . Estatisticamente, as duas somas acumuladas contêm a mesma informação, o que cabe a cada usuário da ferramenta fazer a escolha.

A equação para S_n mostra que ela pode ser escrita na forma recursiva:

$$S_n = S_{n-1} + (Y_n - \mu) \quad (16)$$

com $S_n = 0$

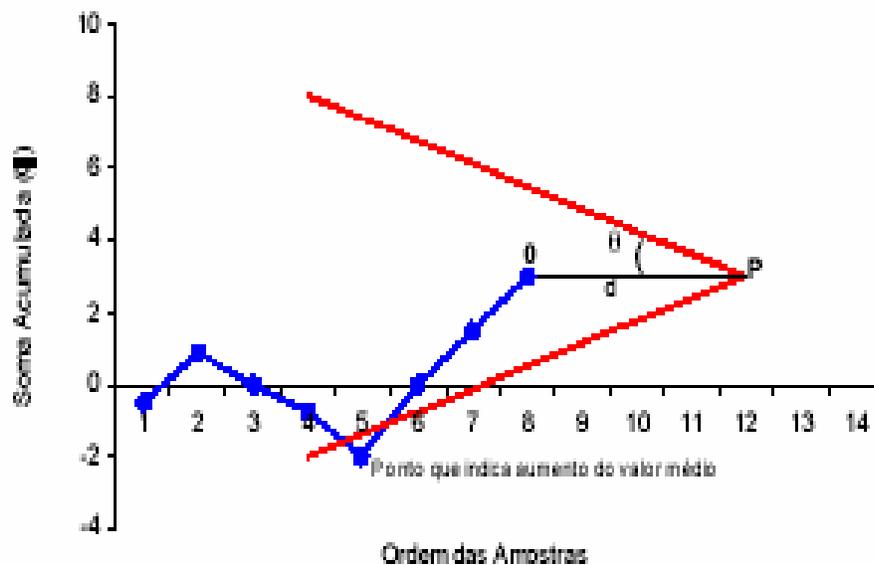
Isto implica que, enquanto o processo estiver sob controle, a *CUSUM* será um caminho aleatório sem mudanças – cada ponto é o ponto precedente somado a uma compensação com média zero. Este mesmo procedimento pode ser realizado tomando-se como base a forma padronizada e levando-se em consideração o fato de que a interpretação deve ser a mesma.

Supondo que em algum instante m o valor nominal μ_0 sofra uma mudança δ na distribuição de Y_n ; em qualquer instante subsequente n , o processo passa a ter uma outra média chamada μ_1 . Reescrevendo a *CUSUM* de outra forma, pode-se expressá-la como

segue:

$$S_n = \sum_{j=1}^m (Y_j - \mu) + \sum_{j=m+1}^n (Y_j - \mu) \quad (17)$$

Assim, o valor médio da *CUSUM* é $(\mu_1 - \mu_0)\delta$. Isto significa que no início do ponto onde ocorreu a mudança, a média das somas acumuladas (*CUSUM*) passará a ter outro comportamento no gráfico, sinalizando que o processo está fora de controle. Existem duas maneiras de calcular e apresentar o esquema de somas acumuladas: através da máscara *V* ou na forma tabular. A máscara *V* recebe esse nome pela maneira como é apresentada graficamente, conforme pode ser observado na Figura 1.



Fonte: Montgomery (1997).

Figura 1: A CARTA CUSUM SOB A FORMA DA MÁSCARA V.

Desta forma, a máscara é então posicionada em relação ao valor S_i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$). O ponto O , é o ponto médio do segmento vertical UL , deve coincidir com o último ponto *plotado* e o segmento OP deve ser mantido horizontal. Assim, a procura por

mudanças no processo é verificada sempre que algum ponto no gráfico ficar fora da região delimitada pelos braços da máscara ou vértices do ângulo.

Para definir a máscara V são suficientes os seguintes parâmetros: d que é o comprimento do segmento OP e θ que é o ângulo em graus que os braços da máscara formam simetricamente, com o suporte do segmento OP .

Segundo MONTGOMERY (1997), os parâmetros d e θ podem ser calculados da seguinte forma:

$$d = \frac{2}{\delta^2} \ln\left(\frac{1-\beta}{\alpha}\right) \quad (18)$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{\delta\sigma}{2A}\right) \quad (19)$$

Onde:

α : é a probabilidade de concluir incorretamente que uma mudança $\delta\sigma$ tenha ocorrido (alarme falso);

β : é a probabilidade de que uma mudança $\delta\sigma$ que tenha ocorrido não seja detectada;

A : é a distância horizontal ao *plotar* a máscara V entre os pontos sucessivos em termos de unidades de distância na escala vertical. Por exemplo, se na escala horizontal a unidade é σ e na escala vertical a unidade é 2σ , então $A = 2$.

Assim, o processo é considerado fora de controle, quando algum ponto da amostra *plotada* ultrapassar um dos braços da máscara, indicando que a média μ_0 da variável Y sofreu uma mudança μ_1 , sendo deslocada do alvo μ .

Por outro lado, a forma tabular trabalha com as somas acumuladas dos desvios crescentes S^+ e/ou decrescentes S^- ocorridos em relação a um intervalo de decisão h , que apresenta-se como um valor intermediário entre o valor nominal μ_0 e a mudança μ_1 sofrida no processo. Isto indica quando o processo está fora de controle; em outras palavras, pode chamá-lo de limite de controle. A equação que representa a *CUSUM* crescente pode ser visualizada como:

$$C_n^+ = \max(0, C_{n-1}^+ + Y_n - \mu - k) \quad (20)$$

$$\text{com } S_0^+ = 0$$

Já a equação que representa a *CUSUM* decrescente pode ser vista como:

$$S_n^- = \min(0, S_{n-1}^- + Y_n - \mu + k) \quad (21)$$

$$\text{com } S_0^- = 0$$

Ambas as equações, 20 e 21, assinalam uma mudança na média do processo se as somas acumuladas ultrapassarem o intervalo de decisão h na forma crescente $S_n > +h$, ou na forma decrescente $S_n < -h$, respectivamente.

HAWKINS E OLWELL (1997) chamam o parâmetro k de valor de referência, sendo considerado o ponto médio entre o valor nominal μ_0 e o valor subsequente μ_1 que sofreu uma mudança δ no processo, medido em unidades de desvios padrão. Logo, o valor k pode ser visto da seguinte forma:

$$k = \frac{|\mu_1 - \mu_0|}{2} = \frac{\delta}{2} \sigma \quad (22)$$

Existe um dilema em determinar qual seria a dimensão ideal da mudança que poder-se-ia detectar rapidamente um processo fora de controle. Por isso, YASHCHIN (1992), afirma que é necessário saber quantas observações seriam necessárias retirar do processo, antes que o mesmo apresente um sinal fora de controle. Este procedimento é normalmente usado para avaliar o desempenho da carta.

Cada vez que um ponto atravessa o intervalo de decisão h indica que ocorreu uma mudança e, por isso, deve ser tomada alguma ação no sentido de investigar que tipo de mudança ocorreu. Assim, uma seqüência de pontos que sai do estado sob controle até o estado fora de controle é chamado na literatura de *run*. O número de observações

contidas nesta seqüência de pontos é chamado de *run length (RL)*.

ACOSTA-MEJIA (1998), WALDMANN (1986) E YASHCHIN (1992) assumem que o *RL* é uma variável aleatória, que tem uma média, uma variância e uma distribuição. Sua média é chamada de *average run length (ARL)*, que traduzindo para o português poderia ser chamado de comprimento médio da seqüência. É desejável ter um *RL*

bastante grande quando o conjunto de observações correspondem a níveis aceitáveis (sob controle) e, contrariamente, um RL bem pequeno quando o conjunto de observações corresponde a níveis inaceitáveis (fora de controle) possível.

2.3 AUTOCORRELAÇÃO

Se os dados que representam o processo forem auto-correlacionados pode ser que falsos alarmes sejam observados durante a utilização das cartas de controle. Na prática isto significa que poderão ser observados muitos sinais de causas especiais, mas na realidade estes sinais serão naturais ao processo. Nestes casos, as cartas de controle convencionais (cartas de Shewhart) não são as ferramentas adequadas para o controle do processo. Será necessário primeiro tratar os dados para depois controlá-los estatisticamente. Logo, se as cartas de controle convencionais forem utilizadas sem que se conheça a presença ou não de correlação, muito esforço pode ser despendido inutilmente. Portanto, as cartas convencionais são essencialmente aplicáveis a processos cujas observações sejam independentes e normalmente distribuídas. Exemplos de processos em que as cartas convencionais não podem ser diretamente aplicadas incluem muitos processos químicos, em que observações consecutivas indicam freqüentemente a existência de auto-correlação. Para processos que apresentam auto-correlação outras técnicas estatísticas devem ser utilizadas, destacando-se os modelos ARIMA. Mais detalhes sobre a questão da correlação são abordados por MONTGOMERY (1991).

A autocorrelação é uma causa freqüente de excesso de alarmes falsos, na construção das cartas de controle tradicionais. Segundo Montgomery (2000), o pressuposto mais importante com respeito as cartas de controle é o da independência das observações, pois as cartas tradicionais de controle não funcionam bem se a característica de qualidade exibir, mesmo que seja em níveis baixos, autocorrelação ao longo do tempo. Especificamente, tais cartas de controle fornecerão resultados desorientados na forma de demasiados alarmes falsos, se os dados forem autocorrelacionados.

A autocorrelação provoca alarmes falsos porque torna a variabilidade dentro de cada uma das amostras menor que a variabilidade total do processo e, em consequência, torna os limites da carta de controle para a média do processo (\bar{x}), que são calculados com base na variabilidade intra-amstral, excessivamente estreitos (ALWAN & ROBERTS(1998); DOBSON, (1995); HARRI & ROSS(1991).

2.4 MODELOS DE SÉRIES TEMPORAIS

Uma série temporal é um conjunto de observações de uma dada variável, ordenadas segundo o parâmetro tempo, geralmente em intervalos eqüidistantes. Se Y_t representa o valor da variável aleatória (característica de qualidade) Y no instante t , denotaremos a série temporal por Y_1, Y_2, \dots, Y_n onde n é número de observações seriais da característica de qualidade considerada na monitoração (SOUZA & CAMARGO, 1996).

Se a característica de qualidade de um processo (Y_t), tem uma estrutura em função do tempo, pode-se ajustar um modelo Autoregressivo-Integrado-Médias Móveis (ARIMA(p,d,q)) (BOX & JENKINS, 1976; WEST & DELLANA, 2002)

O modelo ARIMA(p,d,q) pode ser representado pela equação (1)

$$Y_t = \frac{\theta(B)}{\phi(B)} a_t \quad (23)$$

onde:

Y_t = característica de qualidade em estudo;

\hat{Y}_t = característica de qualidade estimada pelo modelo para o período t;

$\phi(B) = (1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p)$, é o polinômio autoregressivo-integrado de ordem p;

$\theta(B) = (1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q)$, é o polinômio de médias móveis de ordem q;

a_t = é uma seqüência de ruído branco que segue uma

$$N(0, \sigma_a^2);$$

As raízes dos polinômios $\phi(B) = 0$ e $\theta(B) = 0$ devem ficar fora do círculo unitário para garantir a estacionariedade de Y_t e a inversibilidade do modelo, respectivamente, assim como as raízes do polinômio $\delta(B) = 0$ devem ficar fora do círculo unitário.

2.5 DIABETE MELLITUS

Diabetes mellitus é um grupo de enfermidades metabólicas crônicas caracterizadas por hiperglicemia (aumento dos níveis de glicose no sangue), resultado de defeitos na secreção de insulina, em sua ação ou ambos. Trata-se de uma complexa doença na qual coexiste um transtorno global do metabolismo dos carboidratos, lipídios e proteínas. É multifatorial pela existência de múltiplos fatores implicado em sua patogênese. Calcula-se uma prevalência estimada na população adulta de 7,4%(1995), com um valor esperado ao redor de 9% para 2025.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde, em 2006 há cerca de 171 milhões de pessoas doentes da Diabetes, e esse índice aumenta rapidamente. É estimado que em 2030 esse número dobre. A Diabetes Mellitus ocorre em todo o mundo, mas é mais comum (especialmente a tipo II) nos países mais desenvolvidos. O maior aumento atualmente é esperado na Ásia e na África, onde a maioria dos diabéticos serão vistos em 2030. O aumento do índice de Diabetes em países em desenvolvimento segue a tendência de urbanização e mudança de estilos de vida.

A diabetes está na lista das 10, se não as 5, doenças de maior índice de morte no mundo, e está chegando cada vez mais perto do topo da lista. Por pelo menos 20 anos, o número de diabéticos na América do Norte está aumentando consideravelmente. Em 2005 eram em torno de 20.8 milhões de pessoas com diabetes somente nos Estados Unidos. De acordo com a American Diabetes Association existem cerca de 6.2 milhões de pessoas não diagnosticadas e cerca de 41 milhões de pessoas que poderiam ser consideradas "pré"-diabéticas. Os Centros de Controles de Doenças classificaram o aumento da doença como epidêmico, e a NDIC (*National Diabetes*

Information Clearinghouse) fez uma estimativa de \$132 bilhões de dólares, somente para os Estados Unidos este ano.

Nos indivíduos com diabetes o pâncreas ou não produz insulina ou a produz em quantidade bem menor que o necessário.

A taxa normal de glicose no sangue em indivíduos normais é de aproximadamente 60 a 110 miligramas por 100 mililitros de sangue em jejum de 12 horas. Quando ela está acima desta faixa, temos hiperglicemia e quando se apresenta abaixo desta faixa temos hipoglicemia.

A causa do diabetes é em geral, genética. Mas mesmo com a herança genética do diabetes presente, um indivíduo poderá passar a vida inteira sem desenvolvê-la.

Existem dois tipos de diabetes mais comuns: Tipo 1, ou insulino dependente e Tipo 2 ou não insulino dependente.

No Quadro 1 apresentam-se alguns diferenciais entre os dois tipos mais comuns de diabetes.

	Tipo 1	Tipo 2
Início da doença	Normalmente é iniciada na infância e adolescência	Os adultos, em geral obesos e com mais de 35 anos são os principais alvos
Causas	Hereditariedade e a alterações no funcionamento normal do pâncreas, ocasionada por diferentes fatores	Obesidade e hereditariedade, estes fatores levam o organismo a criar uma certa resistência das células do corpo à ação da insulina
Sintomas	Muita sede, apetite excessivo, cansaço, perda de peso, e vontade freqüente de urinar. Este tipo evolui rapidamente para o coma.	Muitas vezes não apresenta nenhum sintoma, mas normalmente se manifesta por cansaço, vontade freqüente de urinar, e visão turva
Diagnóstico	É realizado através do exame de glicose sanguínea em jejum. Os valores, no momento de diagnóstico, apresentam-se bem alterados.	Além do exame de glicose sanguínea em jejum, utiliza-se o teste de tolerância à glicose, que confirma valores acima dos aceitáveis.
Tratamento	Aplicação de Insulina, controle alimentar, exercícios físicos e controle da glicemia (taxa de glicose sanguínea)	Controle alimentar, exercícios físicos, em certos casos, utilização de comprimidos e em casos extremos utilização de insulina.
Complicações Agudas	Coma devido a níveis muito altos de glicose (hiperglicemia) ou níveis muito baixos (hipoglicemia).	Raras
Complicações médio prazo	Deficiência de crescimento e desenvolvimento. Problemas durante a gravidez.	Problemas durante a gravidez
Complicações longo prazo	Problemas nos pequenos vasos sanguíneos, rins, nervos, vasos do coração, cérebro e extremidades dos membros e cegueira.	Problema nos grandes vasos do coração, cérebro e extremidades dos membros, problemas nos rins, pés, nervos e nos pequenos vasos dos olhos, que pode levar a cegueira.
Prevenção das complicações	Educação em diabetes, controle glicêmico, exercícios físicos, controle alimentar, utilização adequada do tratamento da insulina	Perda de peso e controle alimentar, prática de exercícios físicos, e educação em diabetes.

Quadro 1- Principais diferenças entre diabetes Tipo 1 e Tipo 2.

O nível de glicose pode cair quando os medicamentos, a alimentação e as atividades físicas não estiverem equilibradas. Isso pode ocorrer quando a alimentação não foi suficiente ou a refeição não foi feita na hora certa, ou mesmo quando se praticam muitos exercícios.

A baixa taxa de glicose no sangue pode ocasionar tremores, sono e cansaço, suores, instabilidade ou estado de confusão, fome, tonturas ou má coordenação motora, inquietação durante o sono noturno. Na ocorrência de um desses sintomas, faça um teste de glicemia o mais rápido possível.

Uma das melhores maneiras de saber como controlar o diabetes é medir o nível de glicose no sangue. Normalmente isso é feito colocando-se uma gota de sangue sobre uma fita especial que é lida em um medidor.

As pessoas que têm diabetes devem fazer o possível para deixar seu açúcar no sangue o mais próximo do normal possível. Isso é importante porque pode evitar ou retardar complicações nos olhos, nos rins, nos nervos e nos vasos sanguíneos. Para conseguir um bom controle da glicemia é preciso que o paciente, o médico e todos os profissionais envolvidos no tratamento trabalhem em conjunto. A medicação, a dieta e os exercícios físicos são importantes neste controle. Uma das formas de checar o controle do diabetes é a monitoração da glicemia no sangue. Esta é a principal forma de checar o controle do diabetes. É possível saber o valor da glicemia a qualquer momento. É muito importante registrar os valores e mostrá-los ao médico nas consultas, assim ele terá uma boa idéia da resposta ao tratamento e poderá fazer mudanças, caso seja necessário.

Todos os pacientes diabéticos terão benefícios com a monitoração da glicemia, mas em alguns casos isso será ainda mais importante. Sendo que nas situações abaixo a monitoração da glicemia deve ser sempre realizada:

- paciente em uso de comprimidos para diabetes ou insulina;
- pacientes em tratamento intensivo com insulina;
- gestantes diabéticas;
- diabetes de difícil controle;
- pacientes que têm hipoglicemias.

Na monitoração da glicemia o paciente pica o dedo com uma agulha especial, chamada lanceta, e colhe uma gota de sangue que será colocada na fita apropriada para o aparelho de medição, conhecido como glicosímetro.

A lanceta pode ser utilizada junto com um lancetador, que facilita o procedimento e o torna menos doloroso. Antes de usar a lanceta, deve-se lavar as mãos com água e sabão. O melhor local para fazer a colheita é na lateral dos dedos, evitando a polpa digital. Após coloca-se a gota de sangue no glicosímetro que é o aparelho utilizado para “ler” a glicemia do sangue colocado na fita. O valor da glicemia aparece no mostrador digital do glicosímetro.

A maior parte dos glicosímetros disponíveis no mercado permite armazenar o valor de várias glicemias e até fazer um download dos resultados no computador, sendo que os resultados obtidos com os glicosímetros geralmente são precisos.

A análise dos resultados das glicemias mostrará se o tratamento está sendo eficaz e também dará uma idéia de como a alimentação, o exercício e o estresse afetam os resultados, com isso o médico poderá planejar melhor o tratamento do paciente.

Um bom controle levará algum tempo. Os resultados não são um julgamento pessoal de sucesso. Maus resultados indicam que algumas mudanças devem ser feitas no tratamento.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS DADOS

Os dados foram coletados no período de 1º de maio a 16 de agosto de 2006.

Na Figura 2, apresenta-se o comportamento diário dos dados referentes a taxa de glicose.

Figura 2: Comportamento da taxa diária de glicose As estatísticas descritivas da taxa de glicose estão apresentadas na Tabela 1.

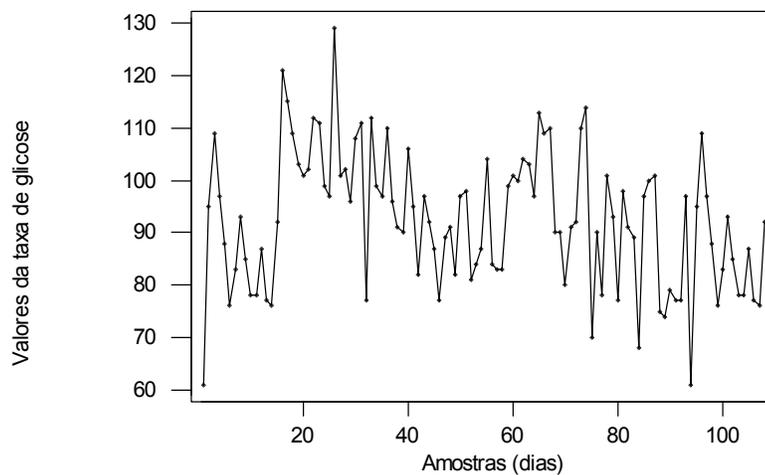


TABELA 1 - As estatísticas descritivas da taxa de glicose

Estatísticas	Valores
Média	92,34
Mediana	92,00
Q ₁	82,25
Q ₃	101
Valor mínimo	61
Valor máximo	129
Variância	168,69
Desvio Padrão	12,98
Coeficiente de Variação	14,06%
Coeficiente de Assimetria	0,0729
Coeficiente de Curtose	-0,2125

Analisando-se os dados da Tabela 1, pode-se dizer que os dados referentes a taxa de glicose do paciente em estudo, apresenta uma distribuição aproximadamente normal, apresentando uma pequena assimetria positiva (média>mediana). Quanto ao grau de achatamento pode-se afirmar que é platicúrtica.

Quanto a variabilidade utilizando o coeficiente de variação pode-se classificar como média dispersão, ou seja, um conjunto de dados com homogeneidade média e média estabilidade. (PIMENTAL-GOMES, 1991)

Além das referidas estatísticas, utilizou-se também, para uma melhor caracterização dos dados a análise através do histograma e do gráfico da probabilidade normal, apresentados no item a seguir.

3.1.1 HISTOGRAMA E DETERMINAÇÃO DA NORMALIDADE DO PROCESSO

Inicialmente os valores da taxa de glicose foram testados para verificar se eram normalmente distribuídos. Para verificar-se a normalidade dos dados foi construído um histograma, apresentado na Figura 3, e o gráfico das probabilidades normais Figura 4, assim pode-se avaliar visualmente a normalidade que os dados referentes aos índices de glicose, que com o auxílio do teste de normalidade de Anderson-Darling (A-squared= 0,496, p-value= 0,210) (CONOVER, 1971) pode-se garantir que os dados se ajustam a uma distribuição normal.

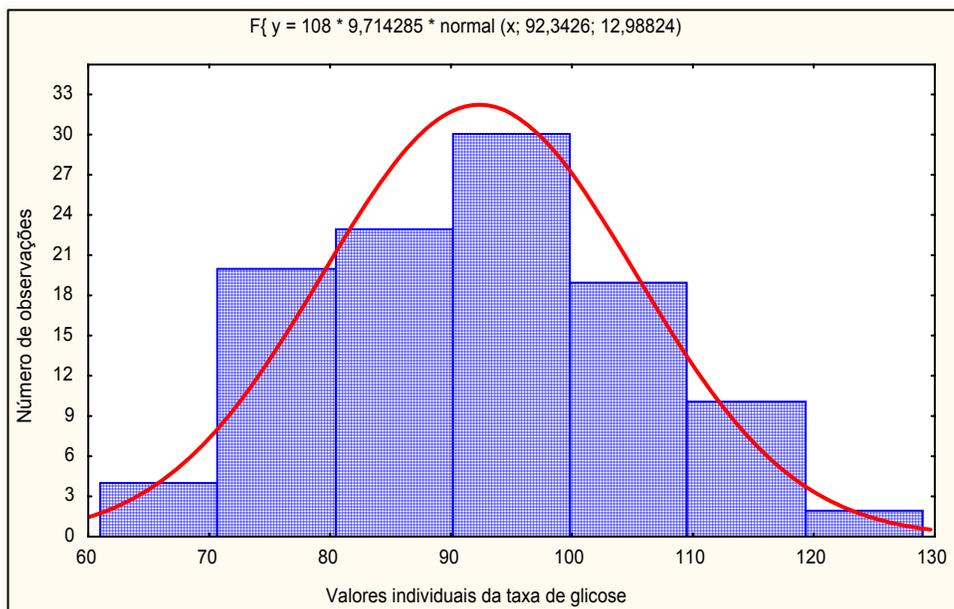


Figura 3: Histograma dos valores da taxa de glicose

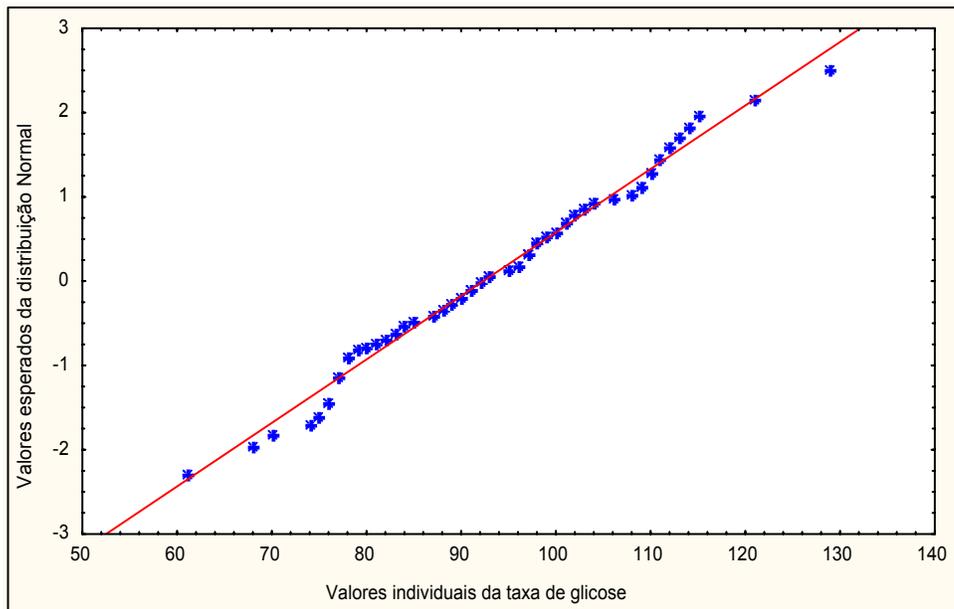


Figura 4: Gráfico da Probabilidade da distribuição Normal

3.2 FUNÇÃO DE AUTOCORRELAÇÃO E AUTOCORRELAÇÃO PARCIAL

Nas Figuras 5 e 6 apresenta-se o comportamento das funções de autocorrelação e autocorrelação parcial, respectivamente, as quais tem como objetivos verificar se os valores referentes a taxa de glicose, representam um processo estacionário, ou seja, que os parâmetros básicos (média e variância) permanecem constantes ao longo do tempo, identificar se os dados apresentam autocorrelação, bem como a ordem do modelo que deverá ser ajustado para retirar a autocorrelação dos dados e evitar aumento de alarmes falsos durante a análise dos dados através dos gráficos de controle.

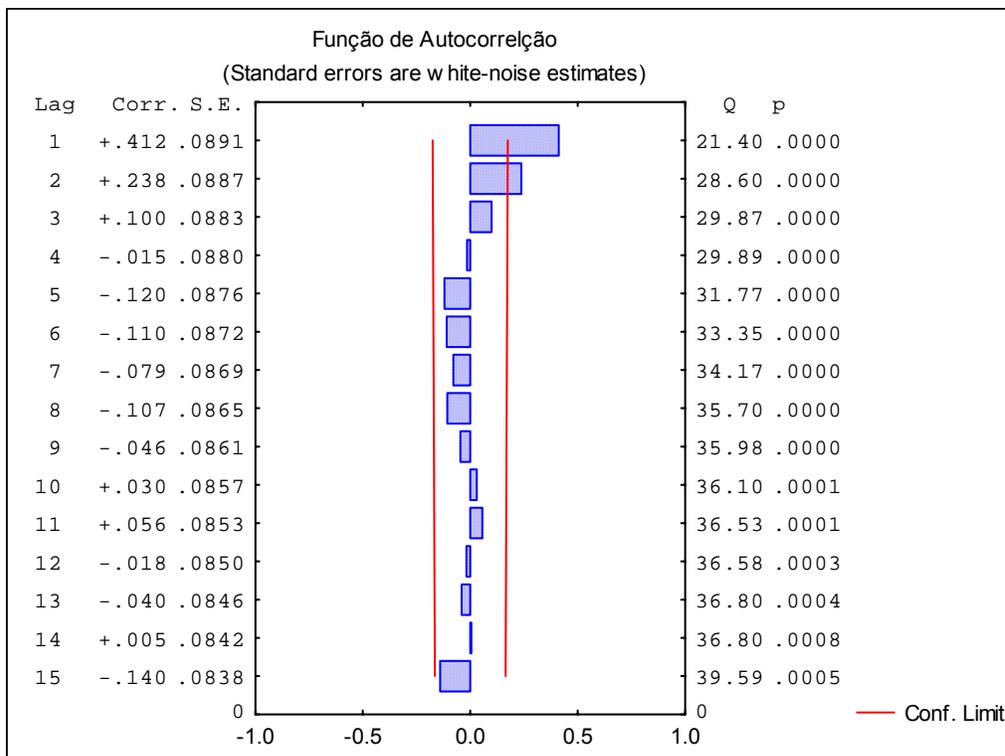


Figura 5: Coeficientes da Função de Autocorrelação

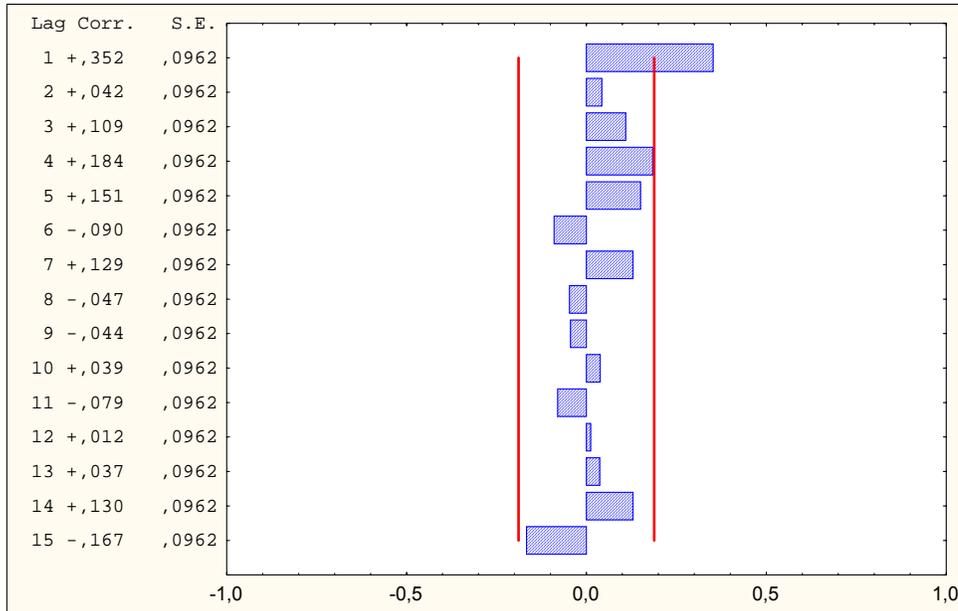


Figura 6: Coeficientes da Função de Autocorrelação Parcial

Observando-se as FIGURA 5 e 6 , pode-se afirmar que o processo representativo da variação da taxa de glicose é estacionário, sugerindo a existência de uma componente de médias móveis de ordem 1 e uma componente auto-regressiva também de ordem 1, logo o ajuste de um modelo ARMA(1,1).

3.3 CONSTRUÇÃO DO MODELO PARA A TAXA DE GLICOSE

Como base na análise dos coeficientes de autocorrelação e autocorrelação parcial foi ajustado um modelo ARMA(1,1).

Tabela 2 – Parâmetros estimados do modelo ARMA(1,1)

Tipo	Coefficiente	Erro Padrão	t(calculado)	p-value
AR(1)	0,8813	0,0977	9,02	0,000
MA(1)	0,6751	0,1485	4,55	0,000
Constante	10,8741	0,3832	28,38	0,000

O modelo pode ser representado pela seguinte equação:

$$Y_t = 10,8741^{(28,38)} + 0,8813^{(9,02)} Y_{t-1} + a_t + 0,6751^{(99,55)} a_{t-1} \quad (24)$$

3.3.1 Análise da Série de Resíduos

Na Figura 7 apresenta-se o comportamento dos resíduos obtidos pelo modelo ARMA(1,1).

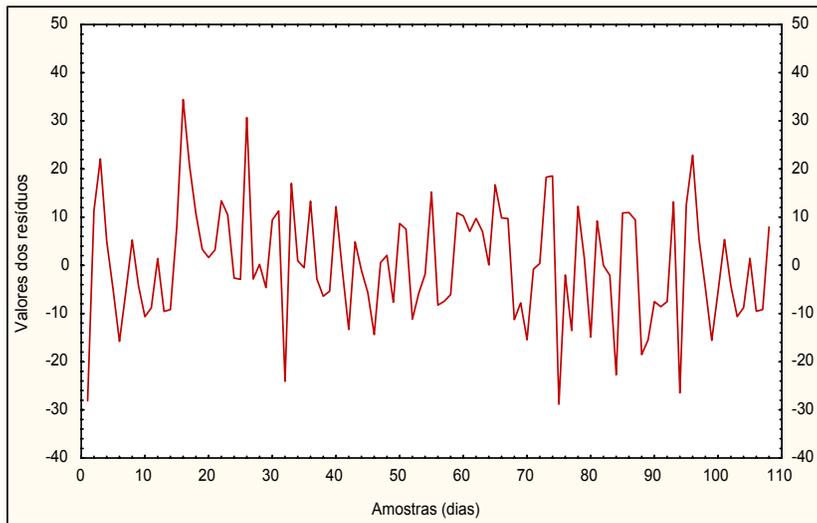


Figura 7: Comportamento dos resíduos obtidos pelo modelo ARMA(1,1)

Nas Figuras 8 e 9, apresenta-se o ajuste da série de resíduos a distribuição normal. Na Figura 10, apresenta-se a Função de Autocorrelação dos resíduos.

Assim, analisando-se estas Figuras, pode-se afirmar que a série de resíduos é uma variável aleatória i.i.d., ou seja, independente e normalmente distribuída, portanto, pode-se construir gráficos de controle.

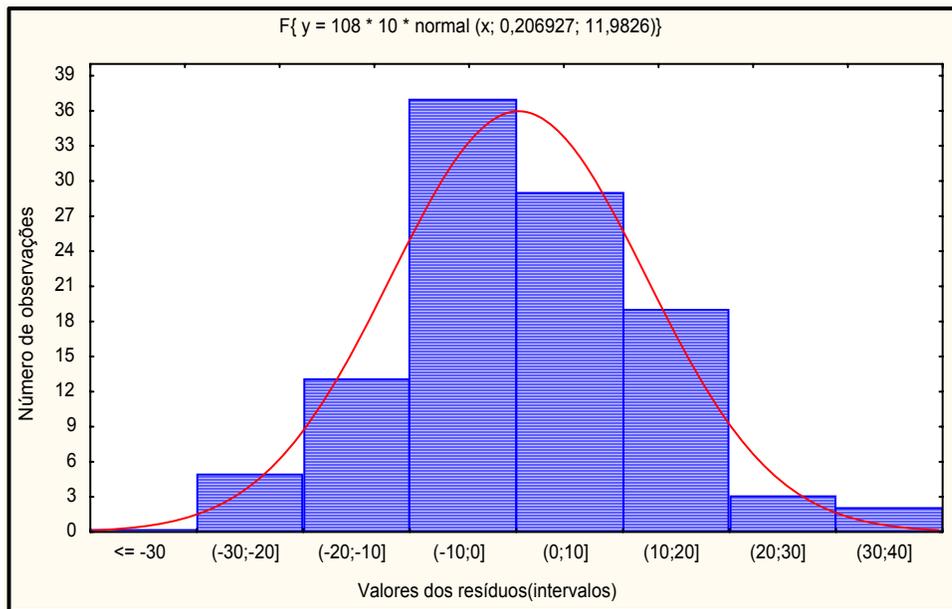


Figura 8: Histograma da série de resíduos

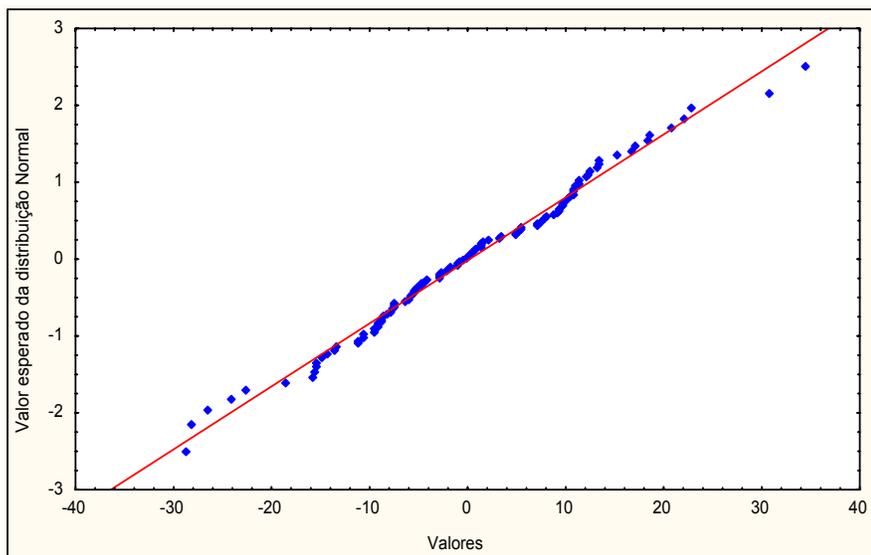
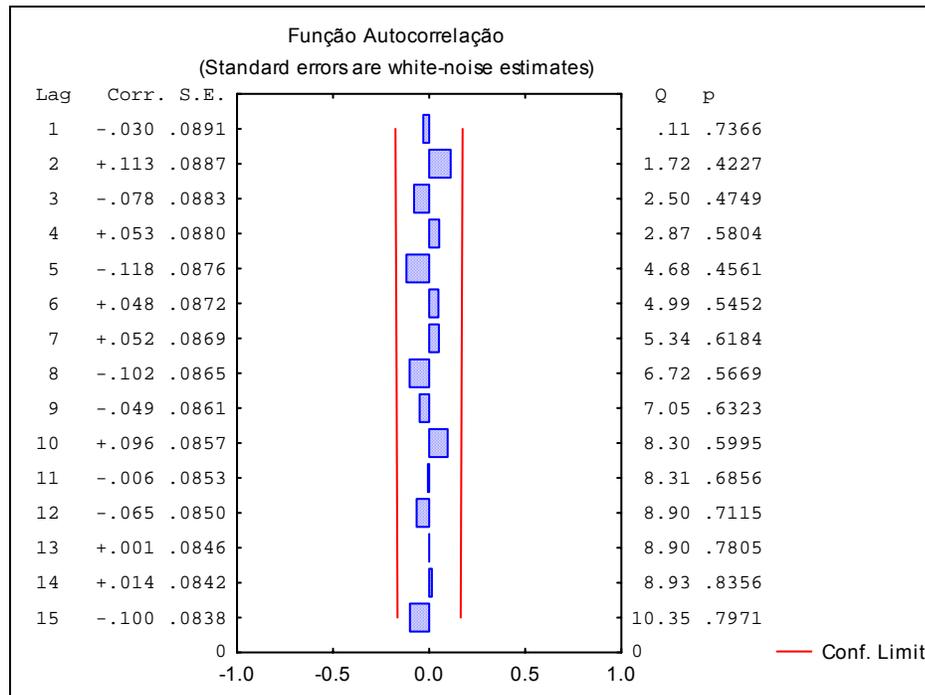


Figura 9: Valores dos resíduos ajustados a distribuição Normal



3.4 CONSTRUÇÃO DOS GRÁFICOS DE CONTROLE

Neste item, será apresentado a construção dos gráficos de controle para os valores diários da taxa de glicose e para os resíduos obtidos através do modelo ARMA(1,1).

3.4.1 GRÁFICOS DE CONTROLE PARA OS DADOS ORIGINAIS DA TAXA DE GLICOSE

3.4.1.1 GRÁFICOS DE CONTROLE PARA A MÉDIA

Na Figura 11, apresenta-se o gráfico de controle de Shewhart e para a média dos valores da taxa de glicose e na Figura 12, o gráfico de controle para a variabilidade, representada através da amplitude média.

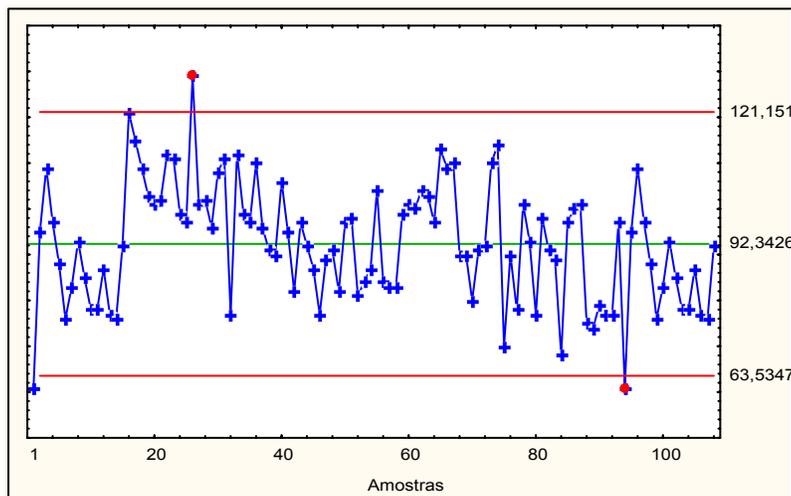


Figura 11: Gráfico \bar{X} para a taxa de glicose

Observando-se a Figura 11, pode-se afirmar que os valores da taxa de glicose estão fora de controle na média, apresentando um ponto acima do limite superior de controle e um ponto abaixo do limite inferior de controle, no dia 26 de maio, apresentou um aumento de 32 pontos (97 mg/dl; 129 mg/dl), na taxa de glicose em relação ao dia anterior. No dia 02 de agosto houve uma redução de 36 pontos, ou seja, passou de 97 mg/dl para 61 mg/dl.

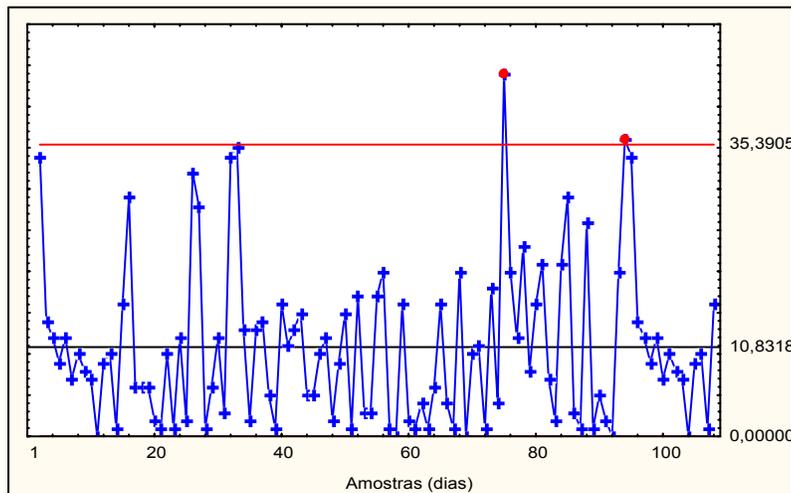


Figura 12: Gráfico R para a taxa de glicose

Quanto a variabilidade, pode-se afirmar que os valores da taxa de glicose do paciente em análise está fora de controle, pois isto pode ser constatado na Figura 12 com dois pontos acima do limite superior de controle, sendo que além do dia 2 de agosto que já havia sido detectado no gráfico da média, detectou uma variação no dia 14 de julho, apresentando uma variação de 44 pontos, ou seja, passando de uma taxa de glicose de 114 mg/dl para 70 mg/dl.

Sabendo-se que os índices de glicose devem estar sempre controlados em um paciente, principalmente o paciente em estudo, o qual é diabético e está em tratamento, qualquer mudança pode ser um alerta para mudanças na dosagem de insulina.

Assim, como alternativa os gráficos de controle de Shewhart, serão construídos os gráficos CUSUM e EWMA, que são alternativas para quando se deseja detectar pequenas mudanças em um processo. (MONTGOMERY, 2004)

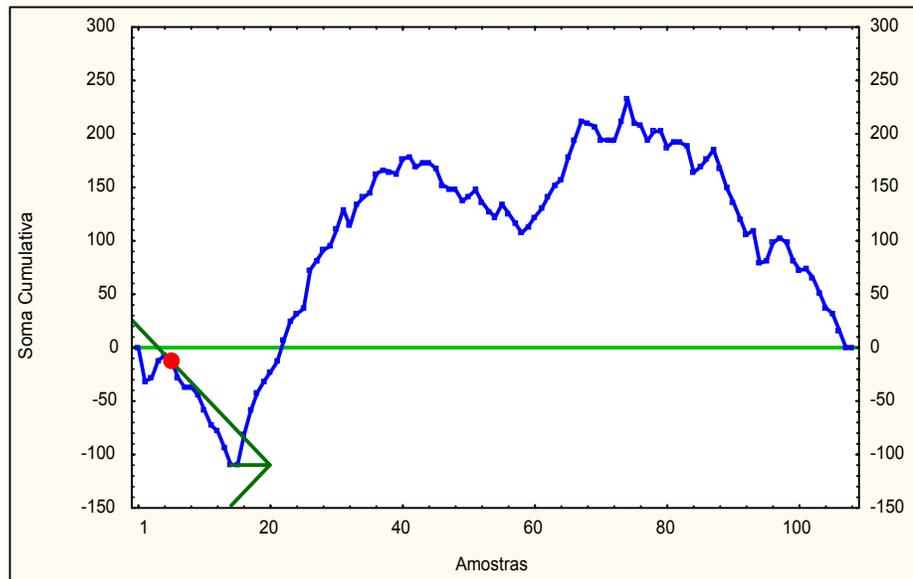


Figura 13: Gráfico CUSUM para a média

Observando-se a Figura 13, pode afirmar que o gráfico CUSUM foi mais rápido do que o gráfico de Shewhart, pois detectou uma mudança na média com uma magnitude de 0,13 desvios padrões, que ocorreu na observação referente ao dia 6 de maio.

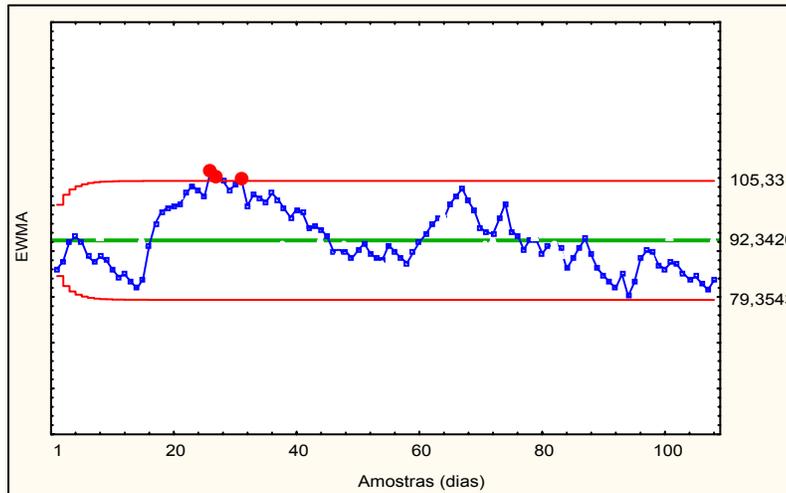


Figura 14: Gráfico EWMA para a taxa de glicose

Observando-se o gráfico EWMA, consta-se que foram detectados três pontos fora de controle, ou seja, nos dias 26, 27 e 31 de maio. No dia 26, o paciente apresentou uma taxa de glicose de 129 mg/dl, no dia 27 uma taxa de 101 e no dia 31, uma taxa de 111 mg/dl.

Como pela análise inicial os dados da taxa de glicose, apresentaram uma alta correlação no lag 1, os dados serão analisados através dos gráficos de controle para os resíduos, para verificar se a autocorrelação não provocou alarmes falsos.

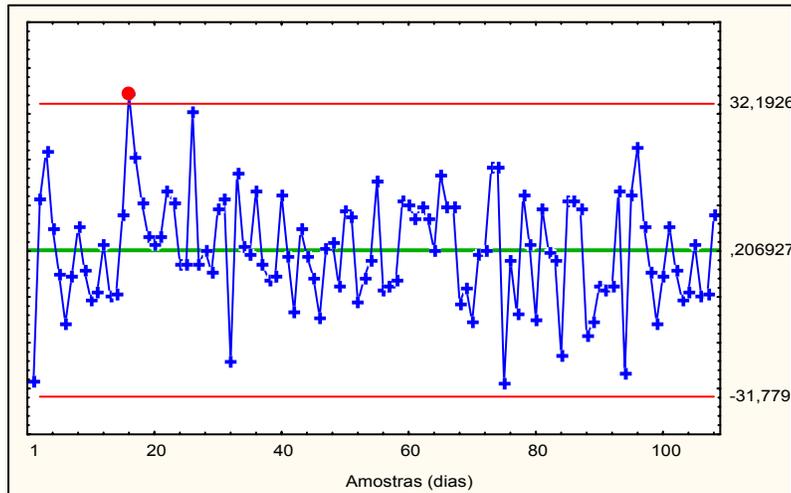


Figura 15: Gráfico \bar{X} para os resíduos da taxa de glicose

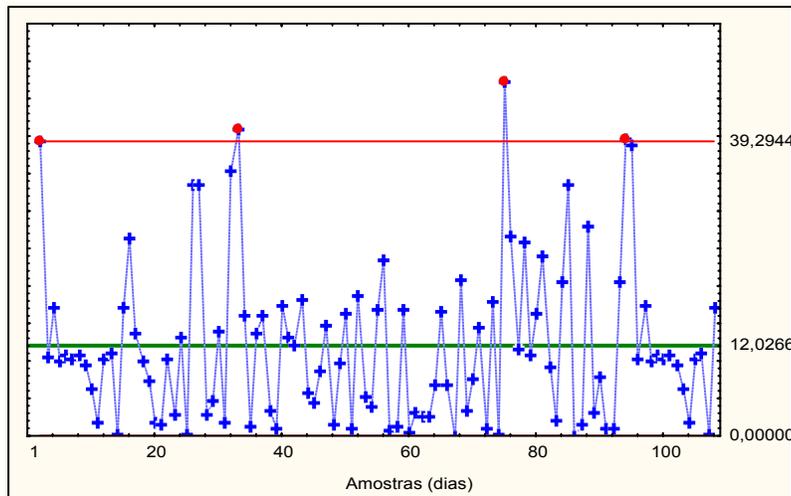


Figura 16: Gráfico da Amplitude Móvel para os resíduos dos valores da taxa de glicose

Analisando-se as Figuras 15 e 16, que representam os gráficos de controle Shewhart para a média e para a variabilidade dos resíduos obtidos pelo modelo

ARMA(1,1), referentes a taxa de glicose, pode-se afirmar que esta característica analisada está fora de controle.

No gráfico da média o ponto fora de controle corresponde ao dia 16 de maio (92mg/dl para 121 mg/dl).

No gráfico da variabilidade os pontos fora de controle correspondem aos dias: 1º de maio (61 mg/dl); 2 de junho (77mg/dl para 112mg/dl); 14 de junho (114mg/dl para 70mg/dl); 2 de agosto (97mg/dl para 61mg/dl).

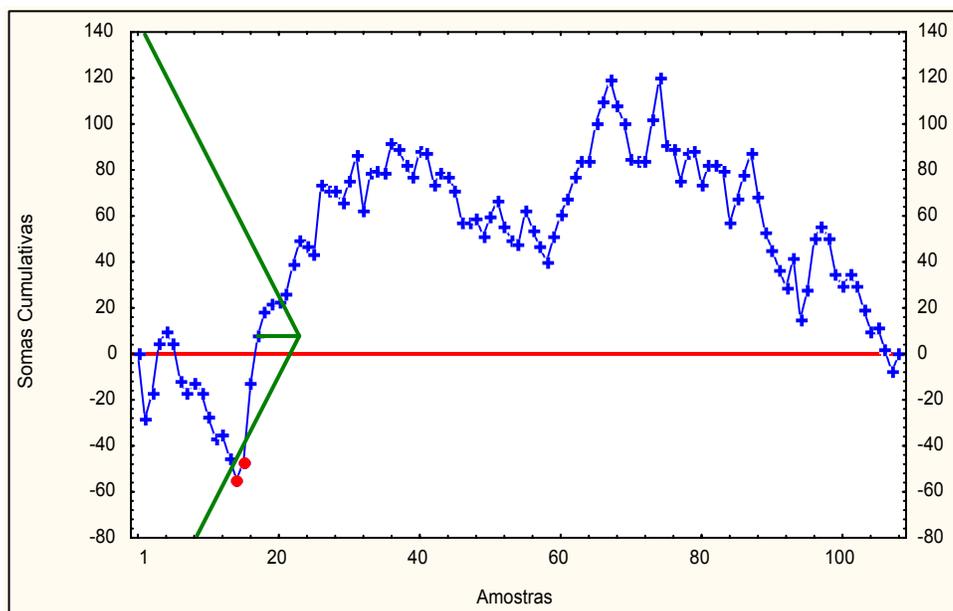


Figura 17: Gráfico CUSUM para os valores dos resíduos da taxa de glicose

No gráfico CUSUM os pontos fora de controle correspondem aos dias: 15 de maio (76 mg/dl para 92 mg/dl); 16 de maio (92mg/dl para 121mg/dl).

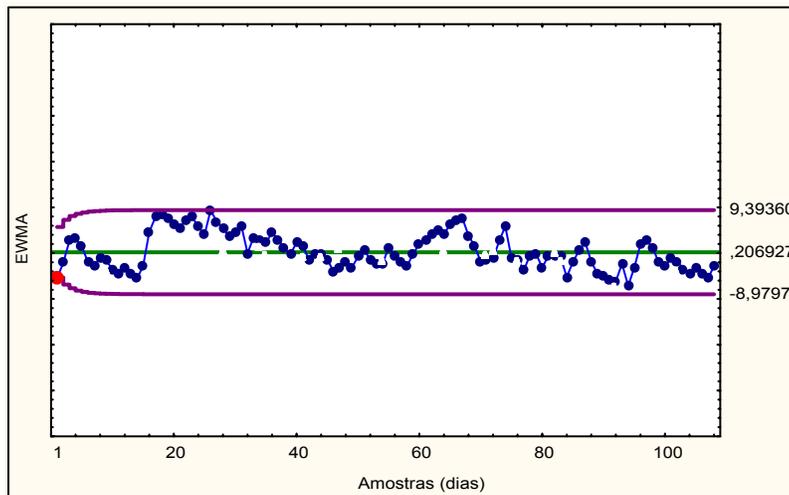


Figura 18: Gráfico EWMA para os valores dos resíduos da taxa de glicose

O gráfico EWMA mostrou o dia 1^o de maio (61mg/dl) como um ponto fora de controle.

Analisando-se todos os gráficos de controle, pode-se afirmar que durante o período analisado o paciente apresentou várias mudanças nos índices de glicose. Apresentando inclusive duas mudança de nível, uma no dia 16 de maio, e outra no dia 15 de julho.

TABELA 3 – Comparação dos pontos fora de controle detectados pelos gráficos de Shewhart, CUSUM e EWMA

Gráficos	Dados Originais	Resíduos
Shewhart (Média)	26; 94	16
Shewhart (Amplitude)	75; 94	1; 33; 75; 94
CUSUM	6	15; 16
EWMA	26; 27; 31	1

3.5 COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO DOS GRÁFICOS DE CONTROLE

A comparação do desempenho dos gráficos de controle foi realizada através da eficiência relativa, calculada em função do comportamento do número esperado de amostras necessárias até o sistema informar que houve mudanças significativas nos valores da taxa de glicose. Os valores esperados $E(N)$ para os gráficos de Shewhart, CUSUM e EWMA, estão apresentados na Tabela 4.

TABELA 4 - Valores de $E(N_1)$ para o gráfico de Shewhart, $E(N_2)$ para o gráfico CUSUM, $E(N_3)$ para o EWMA e a eficiência relativa

δ	$E(N_1)$	$E(N_2)$	$E(N_3)$	$E(N_1)/E(N_2)$	$E(N_1)/E(N_3)$	$E(N_2)/E(N_3)$
0,00	370,00	370,00	370,00	1,00	1,00	1,00
0,25	132,80	112,20	94,20	1,18	1,40	1,19
0,50	38,00	25,00	18,90	1,52	2,01	1,32
1,00	11,00	9,4	8,40	1,17	1,31	1,12
1,50	5,80	7,60	6,50	0,76	0,89	1,17
2,00	4,10	5,80	4,70	0,71	0,87	1,23
2,50	3,15	4,20	3,75	0,75	0,84	1,12
3,00	2,50	3,70	3,05	0,68	0,82	1,21
4,00	1,70	2,60	2,28	0,65	0,75	1,14

Os gráficos CUSUM e EWMA funcionam bem para pequenas mudanças, mas não reagem a mudanças maiores tão rápido quanto a carta de Shewhart ($\delta > 1,50$). No entanto, o EWMA é, em geral, superior ao CUSUM para grandes mudanças, particularmente se $\lambda > 0,10$. Pois foram analisados vários valores de λ , encontrando o valor $\lambda = 0,3$ como valor ótimo.

Pode-se observar através das informações contidas na Tabela 3 que o CUSUM e o EWMA são mais eficientes que o de Shewhart para o controle da média da taxa de glicose na detecção de pequenas mudanças na média, isto pode ser confirmado através da eficiência relativa maior do que 1 para $\delta \leq 1,00$. E o EWMA é mais eficiente do CUSUM para perturbações da ordem de $\delta = 0$ a $\delta = 4,0$. Na Figura 19, apresenta-se o comportamento da eficiência relativa para os três gráficos (Shewhart, CUSUM e EWMA) em função das amplitudes de mudanças.

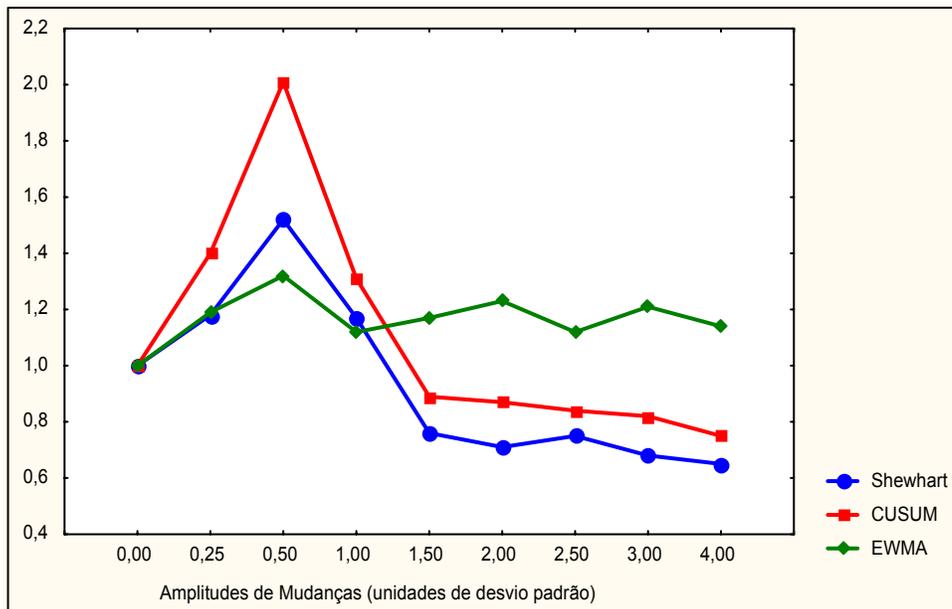


Figura 19: Desempenho de ARL dos gráficos de Shewhart, CUSUM e EWMA

4 CONCLUSÃO

Concluindo, pode-se afirmar que realmente os gráficos de controle podem servir para acompanhar o comportamento de variáveis na área de saúde, servindo para que os profissionais da área de saúde monitorem os seus pacientes, conforme demonstrado por CAREY(2003); KELLEY(2003).

A utilização das cartas de controle CUSUM e EWMA para monitorar características na área da saúde com pequenas variações apresentam vantagens, considerando-se aspectos estatísticos e também de tratamento. Sob o ponto de vista estatístico, pode haver uma redução no número médio de amostras até que a carta sinalize a ocorrência de uma causa especial.

Sob o ponto de vista tratamento, pode haver uma maior adequação da dosagem de insulina no tratamento relacionados ao controle da variação das taxas de glicose, causada pela redução na taxa de amostragem quando a carta estiver indicando um processo sob controle. Cabe, notar que, embora a diferença entre o número médio de amostras necessário para as cartas CUSUM, EWMA e as cartas de Shewhart emitirem sinal fora de controle (ARL) possa parecer pequena, a economia proporcionada pelas cartas CUSUM e EWMA pode ser significativa quando se considera sua utilização por longos períodos de tempo.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA-MEJIA, Cesar A. **Monitoring Reduction in Variability with the Range**. IIE Transactions, 1998, 30, pp. 515–523.

ALMEIDA, SS. **Desenvolvimento de Gráficos de Controle Aplicados ao Modelo Funcional de Regressão**. Santa Catarina: UFSC, 2003. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

ALVES, CC. **Gráficos de Controle CUSUM: um enfoque dinâmico para análise estatística de processos**. Santa Catarina: UFSC, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

BRANDÃO, SCC;REIS Jr. **Extinção dos Leites Tipo B e C: Utopia ou Necessidade Imperiosa?** *Revista Leite & Derivados*. n. 27, Março/Abril de 1996. pp. 52–56.

BRITO, JRF; BRITOMAVP. **Conceitos Básicos da Qualidade do Leite**. *Revista Glória Rural* Ano II, nº 20, Março de 1999, pp. 14–20.

BUCHAIM, JG.; BARBOSA NETO, PR. **Controle estatístico do processo fundamental**. São Paulo: QPB .Consultoria e Treinamento, 1994.

CAMPOS, V. **Antibiótico no leite é prejuízo certo dentro e fora da fazenda**. *Revista Balde Branco*. Setembro – 1997. pp. 32–35.

CAREY, RG. **Improving Healthcare with Control Charts: Basic and Advanced Spc Methods a Case Studies**. Prentice Hall, 2003.

CARUSO, JGB; OLIVEIRA,AJ. **LEITE: Obtenção e Qualidade do Produto Fluido e Derivados**. Piracicaba: FEALQ, 1996. 80p.

CARVALHO, ABM ;FROSINI, LH. **Qualidade Alimentar**. Revista Controle de Qualidade. Outubro, 1995, pp. 16–33.

COSTA NETO, PLO. **Estatística**. São Paulo, Editora Edgard Blücher Ltda, 1977, pp. 133–135.

CONOVER, WJ. **Practical nonparametric statistics**. New York: Jonh Wiley, 1971

CROWDER, SV. **Computation of ARL for Combinetd Individual Measurement and Moving Range Charts**. Journal of Quality Technology, vol.19.1987.

DEMING, WE. **Qualidade: a revolução da administração**. Rio de Janeiro: Saraiva, 1990.

DOBSON, C ; Carolyn E. ISO 9000: **The Librarian's Role**. *InformationOutlook*, Washington, June 1999, pp. 1–6.

DRAIN, D. **Statistical Methods for Industrial Process Control**. Chapman & Hall Book. New York, 1996. p. 318.

FERREIRA, AH; BRANDÃO, SCC. **Investir em Qualidade é Investir em Segurança**. *Catálogo Brasileiro de Produtos & Serviços*, 1997, pp. 81–83.

FIGUEIREDO, LGB. *Implantação de um Sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC/HACCP) na Produção do Leite Bovino*. Dissertação de Mestrado pela Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias – Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Florianópolis, Julho de 1998, 152 p, pp. 05.

- GIL, AC. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1999.
- GOLDRATT, EM. e COX, J. **A Meta: Um Processo de Aprimoramento Contínuo**. Tradução: Claudiney Fullmann. São Paulo: Educator, 1997, 385p.
- GOMES, ER e AMARAL, PMO. ISO 9000 (1994): **O que Muda com a Revisão (I)**. *Revista Controle de Qualidade*. Setembro, 1995, pp. 48–60.
- GRIGG, NP. **Statistical Process Control in UK Food Production: an Overview**. *British Food Journal*. 100/8 [1998]. pp. 371–379.
- GUJARATI, DN. **Econometria Básica**. São Paulo: Makron Books, 2000. pp.
- HAWKINS, DM.; OLWELL, DH.. **Cumulative Sum Charts and Charting for Quality Improvement**. New York: Springer, 1997.
- HRADESKY, JL. **Aperfeiçoamento da Qualidade e da Produtividade: Guia Prático para Implementação do Controle Estatístico de Processo – CEP**. Tradução: Maria Cláudia de Oliveira Santos. São Paulo: McGraw-Hill, 1989, pp. 151
- KELLEY, DL. **How to Use Control Charts for Health Care**. Prentice Hall, 2003.
- KUME, H. **Métodos Estatísticos para Melhoria da Qualidade**. Tradução: Dario Ikuo Miyake, São Paulo: Editora Gente, 1993, 11^a
- LAGO NETO, JCL. **O Efeito da Autocorrelação em Gráficos de Controle para Variável Contínua: Um Estudo de Caso**. Dissertação de Mestrado pela Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós Graduação do Curso de Engenharia de Produção. Florianópolis, 1999, pp. 13–14.

LLOYD, RC & CAREY, RG. . **Measuring Quality Improvement in Health Care: A Guide to Statistical Process Control Applications**. Prentice Hall, 2003.

MADRID, A, CENZANO, I. e VICENTE, J.M. **Manual de Indústrias dos Alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 1995, pp. 100–112.

Ministério da Saúde. **Diabetes**. Brasil.

MITCHELL, B. **How to HACCP**. *British Food Journal*. v. 94, n. 01, 1992, pp. 16–20.

MONTGOMERY, DC. **Introduction to Statistical Quality Control**, 3th ed. Wiley & Sons, New York, 1996.

MONTGOMERY, DC. **Introduction to Statistical Quality Control**, 4th ed. Wiley & Sons, New York, 2000.

OLIVEIRA, MAL. **Brazil and ISO 9000: Why a Developing Country is a World Leader in Certification**. *Quality Progress*, August, 1999, pp. 88–90.

PETRUS, CRFJS. **Diagnóstico da Qualidade, Utilização de Ferramentas Estatísticas e Modelo de Relacionamento com Fornecedores em uma Indústria Cerâmica**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1994. 160p.

PIMENTEL-GOMES, F. **O índice de variação, um substituto vantajoso do coeficiente de variação**. Piracicaba: IPEF, 1991. 4p. (Circular técnica, 178).

PORTO, J. **GLICOSE**.

http://www.bolsademulher.com/corpo/materia/glicose_o_nosso_combustivel/4013/1. acesso em 10/01/2007

RENTERO, N. **Leite com Acidez pode ser Evitado. Basta querer.** *Revista BaldeBranco*. Outubro – 1996. pp. 36–38.

REYNOLDS Jr., MARION R., RAID W. Amin and ARNOLD, Jesse C. **CUSUM Charts with Variable Sampling Intervals.** *Technometrics*. November, 1990, v. 32, n. 4, pp. 371–384.

REYNOLDS, M. R.; STOUMBOS, Z.G. Monitoring the process mean and variance using individual observations and variable sampling intervals. **Journal of Quality Technology**, Milwaukee, v. 33, n. 2, p. 181-205, abr./jun. 2001.

SCHÄFER, Kátia. Afinal, o que é ISO ?. *Revista A & N – Alimentação e Nutrição*. Ano XVII, n. 69, 1997, pp. 20–25.

SHEWART, WA . **Economic Control of quality of Manufactured product.** New York, D. VAN NOSTRAND COMPANY, INC.,1931.

SIQUEIRA, LGP. *Controle Estatístico de Processos*. Equipe Grifo. São Paulo: Pioneira, 1997, Série Qualidade Brasil, Livro n. 9, pp.12–13.

SÔNEGO, D. **ISO-9000 é Termômetro da Competência Empresarial**, *Jornal Gazeta Mercantil* – Santa Catarina: Página D-5, Segunda-feira, 26 de abril de 1999.

TEBOUL, J. **Gerenciando a Dinâmica da Qualidade.** Tradução: Heloísa Martins-Costa Editora Qualitymark – 1991.

TRIVIÑOS, ANS. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação.** São Paulo: Atlas, 1995.

WALDMANN, K. H. **Bounds for the Distribution of the Run Length of One-Sided and Two-Sided CUSUM Quality Control Schemes.** Technometrics, February, 1986,v. 28, n. 1, pp. 61–67.

WIKIPEDIA. **DIABETES**

http://pt.wikipedia.org/wiki/Diabetes_mellitus#Metabolismo_da_glicose. ACESSO em 22/02/2007.

WHO- World Health Organization. **Diabetes.** <http://www.who.int/diabetes/en/>. ACESSO em 20/03/2007.

WOODAL, WH. **The Design of CUSUM Quality Control Charts,** Journal of Quality Technology, 18(2), p.99-102.1986

UMA METODOLOGIA DE IMPLANTAÇÃO DE CARTAS DE SHEWHART PARA O CONTROLE DE PROCESSOS . <http://www.eps.ufsc.br/disserta98/marcio/>. ACESSADO EM 28/03/2006.

YASHCHIN, E. **Performance of CUSUM Control Schemes for Serially Correlated Observations.** Technometrics. February, 1992. v. 34, n. 1, pp. 54–63.