



Universidade de Brasília  
IE- Departamento de Estatística

# **Modelos Alternativos ao Gráfico CUSUM no Controle de Infecção Hospitalar na UTI do Hospital Universitário de Brasília**

Amanda Lúcia M. S. Medeiros

Brasília

Junho de 2012

Amanda Lúcia Mendonça e Silva Medeiros

**Modelos Alternativos ao Gráfico CUSUM no Controle de Infecção Hospitalar na UTI do Hospital Universitário de Brasília**

Orientador: Prof.º Luis Gustavo do Amaral Vinha

Co-orientador: Prof.<sup>a</sup> Osíris Turnes

Brasília

Junho de 2012

# Sumário

<b>1. Introdução .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Objetivos .....</b>	<b>7</b>
<b>3. Referencial Teórico .....</b>	<b>8</b>
<b>3.1 Controle Estatístico do Processo .....</b>	<b>8</b>
<b>3.2 Gráficos de Controle .....</b>	<b>9</b>
<b>3.2.1 Tipos de Gráficos.....</b>	<b>12</b>
<b>3.3 Epidemiologia .....</b>	<b>18</b>
<b>3.3.1 Conceitos importantes .....</b>	<b>18</b>
<b>3.3.2 Diagnóstico e Prevenção .....</b>	<b>22</b>
<b>3.3.3 Controle de Qualidade e a saúde.....</b>	<b>23</b>
<b>4. Contexto da Pesquisa.....</b>	<b>24</b>
<b>4.1 Local de Estudo .....</b>	<b>24</b>
<b>4.2 Coleta, apuração e seleção dos dados .....</b>	<b>24</b>
<b>4.3 Limitações da Pesquisa .....</b>	<b>25</b>
<b>5. Resultados .....</b>	<b>26</b>
<b>5.1 Análise Descritiva.....</b>	<b>26</b>
<b>5.2 Gráficos de Controle .....</b>	<b>31</b>
<b>6. Conclusões.....</b>	<b>49</b>
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>51</b>
<b>Apêndice.....</b>	<b>53</b>

## 1. Introdução

O controle estatístico de qualidade é um conjunto de ferramentas muito utilizado e inicialmente foi implantado na indústria, mas com o desenvolvimento e reconhecimento da sua funcionalidade, foi se expandindo para diversas áreas. Estratificações, folhas de verificação, diagramas e gráficos são alguns exemplos das ferramentas utilizadas no controle de qualidade, cada uma delas com suas próprias características. No presente trabalho serão explorados apenas os gráficos de controle, que fazem acompanhamento e fornece rápida visualização do que está acontecendo no processo, de forma que, fica perceptível quando a variável que se deseja estudar sai do seu comportamento normal.

Entre tantas áreas que utilizam as técnicas de controle estatístico de qualidade, a área hospitalar foi uma em que estas técnicas têm grande aplicabilidade e de muitas formas, como por exemplo: na qualidade da administração, no monitoramento de taxas de bactérias multirresistentes, no controle de infecções cirúrgicas, entre outras. Muitas têm sido as publicações sobre a utilização de gráficos de controle em epidemiologia, algumas delas pioneiras e relevantes. É o caso das contribuições de Benneyan , em duas publicações de 1998, nas quais ele discutiu a aplicação do controle estatístico do processo em epidemiologia.

Gustafson (2000) contruiu gráficos, por meio dos quais analisou dados de 51 hospitais, entre 1996 e 1998. Concluiu que tais gráficos, sem ajuste do risco, têm desempenho abaixo do esperado, ao passo que gráficos de controle construídos com risco de ajustados (com base na taxa de infecção padronizada), têm um desempenho melhor. Gustafson afirmou que os gráficos Média móvel-Amplitude móvel (mXmR) são os mais consistentes e úteis.

Monrton et al. (2001) mostraram que os gráficos de Shewhart, usados combinadamente com os gráficos Média Móvel Exponencialmente Ponderada (EWMA), são ideais para o monitoramento de taxas de bactérias multirresistentes, e os gráficos Soma Acumuladas (CUSUM) são adequados para o controle de infecções cirúrgicas.

Brown et al. (2002) afirma que os gráficos CUSUM e os de Média Móvel podem ser construídos em técnicas úteis para o monitoramento automatizado. Ismail et al. (2003) desenvolveram um teste para monitorar a colonização por MRSA, quando os dados se distribuem segundo Poisson. Concluíram que o método é sensível a mudanças no processo, as quais podem não ser detectadas por gráficos de controle usuais.

Mais recentemente, em 2006 Woodal faz uma revisão sobre os tipos de gráficos utilizados na área de saúde. Algumas dissertações de mestrado também versam sobre o assunto, apresentando contribuições interessantes. Entre elas, pode-se citar: Peixoto (2005), Zanini (2006), Santos(2005) e Lima (2008).

Sabendo que os hospitais públicos brasileiros vêm enfrentando grandes problemas de qualidade, vários estudos foram realizados nas ferramentas aplicáveis no controle de qualidade dos hospitais. No Hospital Universitário de Brasília (HUB) a infecção bacteriana nas Unidades de Terapias Intensivas (UTI) é um assunto de grande importância e preocupação. No HUB, a Comissão de Controle de Infecção Hospitalar (CCIH) passou a contar com apoio estatístico no controle de infecções/colonizações bacterianas na UTI desde 2003. Esse suporte tem como objetivo monitorar e auxiliar na redução do número de infecções/colonizações das bactérias mais frequentes nos casos positivos, utilizando basicamente de ferramentas estatísticas de qualidade.

A aluna recém-graduada Camila Tigano Milani realizou um estudo no HUB, e observou que após a implementação de uma coleta mais criteriosa, na qual os dados passaram a possuir maior qualidade e confiabilidade, e a criação de um programa de retroalimentação que melhorou a troca de informações entre a UTI e a CCIH, os resultados mostraram que houve uma redução na frequência mensal/anual, o que apontaria para uma possível melhoria no processo de vigilância (Milani, 2011).

No estudo citado, as observações e conclusões foram feitas utilizando uma ferramenta específica do controle de qualidade, o gráfico CUSUM (*Cumulative Sum*). O presente estudo propõe um melhoramento das técnicas utilizadas, com a ampliação da

pesquisa dos possíveis gráficos de controle aplicáveis a esse estudo. Dentre os gráficos de controle conhecidos e utilizados em controle de qualidade, os gráficos EWMA (*Exponentially Weighted Moving Average*) e de Regressão foram selecionados como possíveis alternativas.

## **2. Objetivos**

### **Objetivo Geral**

Explorar modelos alternativos ao gráfico CUSUM no controle de infecção bacteriana na UTI do Hospital Universitário de Brasília.

### **Objetivos Específicos**

- Atualizar o banco de dados já criado para possibilitar um estudo das ocorrências de infecções/colonizações por bactérias até o período mais recente;
- Estudar as ferramentas do Controle Estatístico de Qualidade, com ênfase nos gráficos de controle;
- Pesquisar outros gráficos aplicáveis ao estudo do controle de infecção bacteriana;
- Apoiar e dar suporte a CCIH no âmbito estatístico a partir das conclusões do presente trabalho.

### 3. Referencial Teórico

#### 3.1 Controle Estatístico do Processo

A boa qualidade de um produto é fundamental tanto para o consumidor como para o produtor, visto que o mercado se tornou cada vez mais competitivo e, atender as expectativas do cliente é a exigência maior. O **Controle Estatístico do Processo (CEP)** é uma poderosa coleção de ferramentas de resolução de problemas, útil na obtenção da estabilidade do processo e na melhoria da capacidade através da redução da variabilidade (Montgomery, 2004).

As chamadas “**sete ferramentas**” são instrumentos que auxiliam na busca por qualidade, não sendo necessária a utilização de todas. Elas devem fazer parte de um projeto que busca melhorias, somados a um bom gerenciamento, por exemplo, e então as chances de sucesso são muito grandes. Essas sete ferramentas são:

1. Apresentação em histogramas ou ramos-e-folhas
2. Folha de controle
3. Gráfico de Pareto
4. Diagrama de causa-e-efeito
5. Diagrama de concentração de defeito
6. Diagrama de dispersão
7. Gráfico de Controle

O CEP permite diferenciar as causas aleatórias da variação, que são naturais do processo, das causas atribuíveis, que indicam um mau funcionamento no processo que precisa ser eliminado. O objetivo do CEP é detectar rapidamente a ocorrência das causas atribuíveis e buscar uma medida corretiva antes que vários itens não-conformes sejam fabricados.

A forma mais utilizada de monitoramento contínuo, dentre as ferramentas do CEP, é o gráfico de controle. A seguir, serão expostos conceitos importantes e gerais dessa ferramenta.



### 3.2 Gráficos de Controle

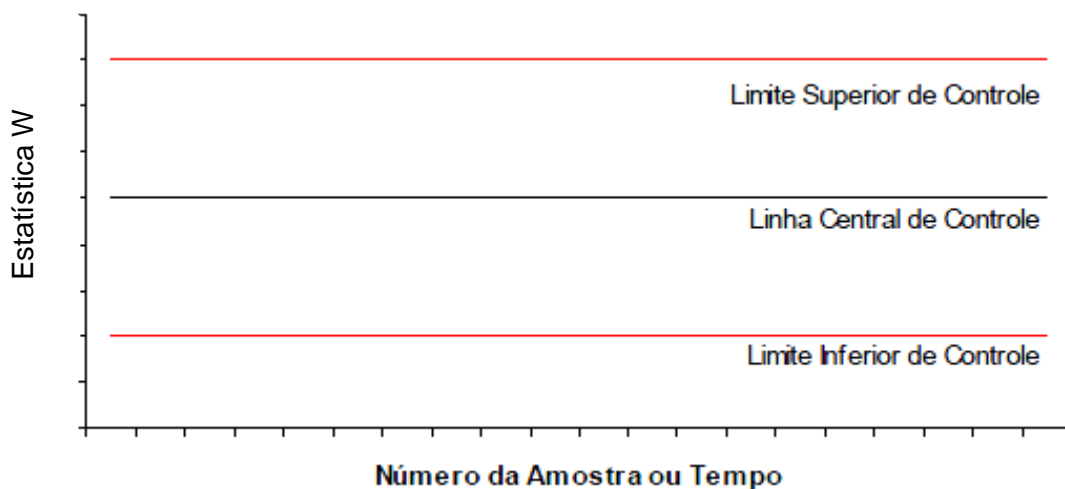
Desenvolvido com o objetivo inicial de monitorar o desempenho de um processo industrial em uma empresa de telecomunicações, os gráficos de controle foram desenvolvidos inicialmente por Walter A. Shewhart em 1924. Com o passar dos anos essa técnica foi aperfeiçoada e passou a ser aplicada em diversas áreas produtivas e do conhecimento.

As suposições básicas de implementação da maioria dos gráficos de controle são a independência e normalidade das observações. Quando essas suposições são satisfeitas, os gráficos de controle convencionais podem ser aplicados, e conclusões sobre o processo podem ser obtidas (Montgomery, 2004).

Essa técnica representa graficamente o processo. E é formado por três linhas paralelas, os limites superior (LSC), central (LC) e inferior (LIC). Espera-se que, em um processo sob controle, grande parte dos pontos amostrais esteja entre essas linhas extremas. Na Figura 1 é apresentado o formato geral desse gráfico e os limites são calculados da seguinte forma

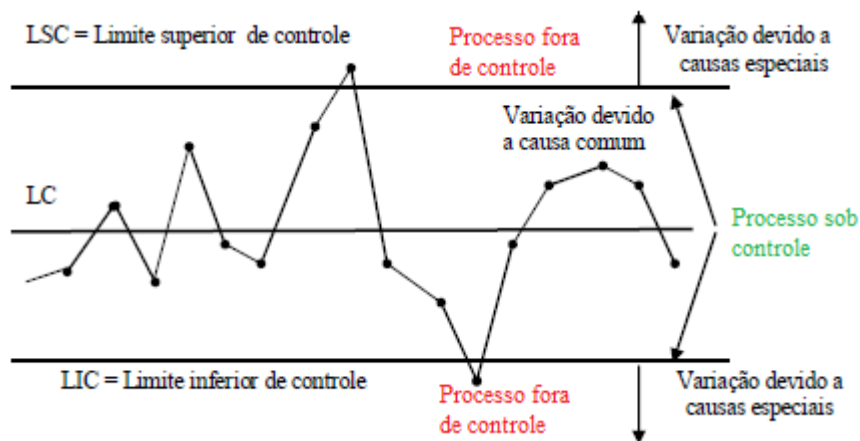
$$\begin{aligned} \text{LSC} &= \mu_w + k\sigma_w, \\ \text{LC} &= \mu_w, \\ \text{LIC} &= \mu_w - k\sigma_w, \end{aligned} \tag{1}$$

onde  $\mu_w$  e  $\sigma_w$  são média e desvio padrão populacional da estatística  $w$ , e  $k$  é a distância da linha central em relação aos limites de controle expressa em termos de unidades de desvio padrão.



**Figura 1:** Limites de Controle

Classifica-se de sob controle, o processo em que todos os pontos registrados possuem um padrão aleatório, e se localizam dentro dos limites do gráfico. A presença de algum ponto fora dos limites implica em uma evidência de que o processo está fora de controle. Nesse caso há uma intervenção no processo, que não implica necessariamente em uma interrupção, para o levantamento das possíveis causas e correções do problema. (Figura 2).



**Figura 2:** Modelo Geral do Gráfico de controle

Essa, porém essa não é a única forma de classificar esse processo como fora de controle. Algumas das regras adicionais para essa verificação são, por exemplo:

- Nove pontos sucessivos em um mesmo lado da linha central;
- Seis pontos consecutivos crescendo ou decrescendo;
- Quatorze pontos em sequência alternando em alto e baixo.

Se o gráfico apresenta qualquer um desses padrões, o processo pode ser considerado como fora de controle.

A escolha do parâmetro  $k$  (vide equação 1) que determina os limites de controle deve ser feita na hora da construção do gráfico de controle e depende do desempenho que se deseja para o gráfico. Quando o afastamento dos limites  $k$  é elevado, a classificação do processo fica mais flexível, com menor chance de considerá-lo como fora de controle. E o contrário, quando  $k$  é pequeno, os limites se tornam mais estreitos, a avaliação é mais rígida e com mais chances de classificá-lo como fora de controle. A decisão sobre o valor de  $k$  a ser adotado, depende do interesse do estudo. O limite igual a  $3\sigma$ , estabelecido por Shewhard, costuma ser utilizado com maior frequência, pelo fato de ter dado bons resultados na prática. Além desse limite, o limite  $2\sigma$  também pode ser utilizado e tem boa aceitação em processos que precisam de maior rigidez no controle.

O tamanho e a frequência da amostra a serem usados no gráfico de controle são importantes e devem ser também planejados. Uma escolha bem feita ajuda na rapidez para detectar o problema, e essa escolha depende da magnitude da mudança que queremos detectar.

**O Comprimento Médio da Sequência (CMS ou Average Run Length ARL)** é o número médio de pontos que devem se registrado em média antes que um ponto indique uma condição fora de controle e é um modo alternativo para escolher os parâmetros do gráfico.

$$CMS = \frac{1}{p},$$

onde  $p$  é a probabilidade de que qualquer ponto exceda os limites de controle. Essa probabilidade depende do tamanho da amostra e do valor do  $k$ , logo, é útil para a definição dos parâmetros do gráfico.

Pode-se avaliar o desempenho do gráfico usando o CMS que expressa a quantidade de observações esperados até a ocorrência de um alarme. Esse desempenho pode ser avaliado como uma medida de tempo, para isso utiliza-se o **tempo médio para alerta (TMA)** que é o tempo médio até o gráfico alertar fuga de controle

$$TMA = CMS h,$$

onde  $h$  é o intervalo fixo de tempo entre as observações.

Todas essas definições são comuns à maioria dos gráficos de controle. A seguir será feita uma abordagem dos principais gráficos e suas características específicas.

### 3.2.1 Tipos de Gráficos

Os gráficos de controle podem ser classificados em três grupos: os gráficos por atributos, os gráficos para variáveis e os gráficos multivariados.

#### i. Gráficos por atributos

Os gráficos de controle por atributos são utilizados quando as características de qualidade não podem ser expressas numericamente de modo conveniente e passam a ser classificadas como conforme ou não-conforme para cada especificação do processo. Dependendo dos dados, existem duas classificações para atributos, a contagem do número de *defeitos* ou a contagem do número de *defeituosas*. A contagem de defeitos é preferida por ser mais precisa e sensíveis a desvios, além de ser fácil transformá-la na variável número de defeituosas.

Além da quantidade de defeitos e o número de peças defeituosas, os gráficos também podem ser elaborados a partir da proporção de unidades defeituosas em cada amostra ou número de defeitos por unidade de amostra. Essas últimas são alternativas para estudos específicos.

## ii. Gráficos para variáveis

Na literatura do CEP, uma característica de qualidade medida em uma escala numérica é chamada de variável. Para essas características que podem ser representados numericamente, existe uma grande quantidade de gráficos, entre eles estão:

- Gráficos  $\bar{x}$  e R;
- Gráfico CUSUM;
- Gráfico EWMA;
- Gráfico de Regressão.

São apresentados, a seguir, a forma de construção e detalhes dos gráficos citados.

### Gráficos para $\bar{x}$ e R

Os gráficos  $\bar{x}$  e R foram criados pela necessidade de controlar a média e a variabilidade do processo. Complementares entre si, devem ser aplicados simultaneamente: o gráfico  $\bar{x}$  controla a mudança do nível médio do processo enquanto o gráfico R controla a dispersão, que também pode ocorrer devido a múltiplas causas.

A construção desses gráficos utiliza os parâmetros  $\mu$  e  $\sigma$  da variável estudada na população. Como normalmente esses parâmetros não são conhecidos, deve-se estimá-los a partir de uma amostra ou subgrupo preliminar, quando o processo supostamente está sob controle. Os estimadores usualmente utilizados são:

$$\hat{\mu} = \bar{\bar{x}} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \cdots + \bar{x}_m}{m},$$

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2}, \quad \text{onde } \bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^m x_{i \max} - x_{i \min}}{m},$$

onde  $m$  é o número de amostras disponíveis e  $d_2$  é um valor tabulado para vários tamanhos da amostra ( $n$ ).

A partir dos valores encontrados para os estimadores, calcula-se os limites do gráfico  $\bar{x}$  como mostrado a seguir

$$LSC = \bar{\bar{x}} + \frac{k}{d_2 \sqrt{n}} \bar{R},$$

$$LC = \bar{\bar{x}},$$

$$LIC = \bar{\bar{x}} - \frac{k}{d_2 \sqrt{n}} \bar{R},$$

enquanto os limites do gráfico  $R$  são calculados dessa forma

$$LSC = D_4 \bar{R},$$

$$LC = \bar{R},$$

$$LIC = D_3 \bar{R},$$

nas quais as constantes  $D_4$  e  $D_3$  encontram-se tabuladas para vários tamanhos de amostra em tabelas, usando  $k=3$  (Montgomery, 2004).

Quando se constrói os gráficos de controle  $\bar{x}$  e  $R$  é recomendado que se inicie pelo o gráfico  $R$ . Como os limites de controle no gráfico  $\bar{x}$  dependem da variação do processo tais limites não são utilizáveis a não ser que o processo esteja sob controle em termos de variabilidade (Montgomery, 2004).

## Gráfico CUSUM

O gráfico de controle de somas acumuladas (*Cumulative Sum CUSUM*) é uma boa alternativa aos gráficos de Shewhart, para detecção de pequenos deslocamentos do processo por usar informações acumuladas da sequência de observações. Existem duas maneiras de representar o gráfico CUSUM: o tabular (ou algorítmico) e a forma máscara V do CUSUM. Neste estudo será exposto apenas o CUSUM tabular.

O CUSUM tabular trabalha acumulando desvios de  $x_i$  em relação ao alvo, normalmente considerado  $\mu_0$ , por meio das estatísticas,  $C^+$  ou  $C^-$ , conhecidos como CUSUMs unilaterais (Montgomery, 2004). Eles são calculados como se segue

$$C_i^+ = \text{máx}[0, x_i - (\mu_0 + K) + C_{i-1}^+]$$

$$C_i^- = \text{máx}[0, (\mu_0 - K) - x_i + C_{i-1}^-],$$

onde os valores iniciais são  $C_0^+ = C_0^- = 0$ ,  $K$  é usualmente chamado o valor de referência (ou valor de tolerância ou folga), o qual costuma ser escolhido a meio caminho entre o alvo e um valor da média fora de controle  $\mu_1$ ,

$$K = \frac{\delta}{2} \sigma = \frac{|\mu_1 - \mu_0|}{2}.$$

Haverá evidências de que o processo está fora de controle se exceder o intervalo de decisão  $\pm H$ . O valor de  $H$  é uma escolha de grande importância, um valor usual e razoável é cinco vezes o desvio padrão do processo  $\sigma$ , estimado quando o processo está sob controle. Além disso, o algoritmo CUSUM permite determinar o instante em que ocorre a alteração do processo, uma vez que o sinal de alarme (ponto fora dos limites de controle) pode ocorrer bem depois da alteração.

## Gráfico EWMA

O gráfico EWMA (*Exponentially Weighted Moving Average*), traduzido como MMPE (Média Móvel Ponderada Exponencialmente), é semelhante ao gráfico de somas acumuladas e, de certa forma, mais fácil de estabelecer e operar.

O gráfico em estudo é robusto à fuga de normalidade, por isso ele é indicado para ser usado com observações individuais ou quando se deseja detectar pequenos deslocamentos na média do processo cuja característica de qualidade tem uma distribuição que não se aproxima da normal. A estatística usada é dada por

$$z_i = \lambda x_i + (1 - \lambda)z_{i-1},$$

onde  $0 < \lambda \leq 1$  é uma constante e o valor inicial (exigindo com a primeira amostra em  $i = 1$ ) é o alvo do processo, de modo que  $z_0 = \mu_0$ .

O cálculo da variância das observações  $z_i$  é baseado no desvio padrão do processo, estimado quando o processo está sob controle e é dado por

$$\sigma_{z_i}^2 = \sigma^2 \left( \frac{\lambda}{2 - \lambda} \right) [1 - (1 - \lambda)^{2i}].$$

Quando o alvo do processo é desconhecido, a média amostral da variável estudada para o processo sob controle,  $\bar{x}$ , é usada como estimativa de  $\mu_0$ . Nesse tipo de representação gráfica, observam-se os pontos  $z_i$ , em função do tempo. A linha central e os limites de controle para o gráfico MMPE são os seguintes

$$\text{LSC} = \mu_0 + k\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2 - \lambda)} [1 - (1 - \lambda)^{2i}]},$$

$$\text{LC} = \mu_0,$$

$$\text{LIC} = \mu_0 - k\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2 - \lambda)} [1 - (1 - \lambda)^{2i}]},$$

o fator  $k$  é o número de desvios padrões que separam a linha central dos limites de controle. A escolha do  $k$  e do  $\lambda$  depende do desempenho do CMS desejado, ou seja, o



procedimento de planejamento ótimo do estudo deve conter a especificação dos comprimentos médios de sequência sob controle e fora de controle, e a magnitude da mudança no processo, para assim saber qual  $L$  e  $\lambda$  serão escolhidos.

### **iii. Gráficos multivariados**

Em muitas situações faz-se necessário controlar mais do que um fator do processo ou características do produto, por isso em 1947, Harold Hotelling desenvolveu um método de controle para monitorar mais de uma variável em um único gráfico considerando a interdependência entre elas quando as mesmas tiverem uma distribuição multinormal.

No estudo dos gráficos de controle multivariado, percebe-se que a estabilidade do processo é obtida quando o vetor de médias, variância e covariância das variáveis do processo permanecem estáveis ao longo das observações.

Devido a algumas dificuldades, o estudo do gráfico de controle multivariado, após o trabalho do Hotelling, só voltou à tona a partir da década de 80 com várias publicações (que podem ser encontradas para mais detalhes em Araújo, 1998).

Para as distribuições em que essa suposição não prevalecem, em 1994, Hayter e Tsui propõem um método não-paramétrico para monitorar processos multivariados (Araújo, 1998).

### **Gráfico de Controle de Regressão**

Existem situações que se faz necessário um monitoramento simultâneo das variáveis, em muitos casos as variáveis quando analisadas separadamente podem estar sob controle, porém quando utilizamos uma equação para relacioná-las o quadro muda.

Para situações como essas existem os gráficos de controle de regressão, eles são utilizados quando os resultados de uma variável do processo analisada

apresentam uma tendência normal de ascendência ou descendência que é oriunda de uma relação de causa e efeito entre variáveis. O relacionamento entre elas é dado pela equação clássica de regressão e o objetivo é controlar sua variação média em lugar de uma constante.

Ao contrário da maioria dos gráficos de controle, o gráfico de regressão não possui as linhas de limites de controle paralelos ao eixo horizontal e sim à linha central, dada pelo modelo de regressão ( $y = \alpha x + \beta$ ). Constrói-se um diagrama de dispersão com as observações, com o intuito de confirmar que existe relação entre as variáveis e observa-se o comportamento delas, que deve ser aleatório em torno na linha de regressão sem ponto discrepante ou com grande afastamento das restantes.

O cálculo dos limites são definidos por

$$\text{LSC} = \hat{Y}_i + k\hat{\sigma},$$

$$\text{LC} = \hat{Y}_i = \hat{\alpha} + \hat{\beta}X_i,$$

$$\text{LIC} = \hat{Y}_i - k\hat{\sigma},$$

onde  $\hat{\sigma}$  e  $\hat{\beta}$  são as estimativas dos parâmetros do modelo de regressão obtido, para o processo sob controle e o termo  $\hat{\sigma}$  corresponde a estimativa do erro padrão de previsão do modelo de regressão.

## 3.3 Epidemiologia

### 3.3.1 Conceitos importantes

Epidemiologia, apesar não ter uma definição comum a todos os autores, pode ser considerada como uma ciência que estuda o processo saúde-doença em coletividades humanas, analisando a distribuição dos fenômenos e os fatores condicionantes e determinantes. Considerada como a principal “ciência básica” da

saúde coletiva, a origem do nome dessa ciência vem do grego e quer dizer *e*pi (sobre) + *demo* (povo) + *logos* (conhecimento), isto é, um estudo do comportamento/ocorrência de doenças em uma comunidade.

Um dos primeiros estudos conhecidos na área de epidemiologia foi realizado por Jonh Snow, em 1854, que observou na busca de causas de uma doença a população como um todo. Ele percebeu que uma epidemia de cólera estava relacionada com o consumo de água contaminada pela população de Londres. O trabalho desse autor dá ênfase no estudo sobre o cotidiano, os hábitos e modos de vida da comunidade. Foi pensando na doença em todas as suas dimensões que ele conseguiu integrar esse raciocínio sobre o processo de transmissão das doenças.

As definições mais antigas de epidemiologia limitavam-se ao cuidado de doenças transmissíveis, hoje em dia incluem, também, as doenças não infectuosas, outros estados de saúde e até os estados pré-patológicos e fisiológicos. A epidemiologia moderna pode ser dividida em epidemiologia social e epidemiologia clínica. A primeira está relacionada com a medicina preventiva e a promoção da necessidade de intervenções sociais para redução da pobreza, melhoria do saneamento e condições de vida em geral, a segunda, ligada à prática clínica.

Essa área da Medicina tem se aprimorado com o passar dos anos e por isso exige uma interação transdisciplinar e estabelece sua dependência com outras ciências, por exemplo: Ciências Sociais (Antropologia, Sociologia, Etnologia), Ciências Políticas, Estatística, Economia, Demografia, entre outras.

Com o intuito de obter maiores informações a respeito dos danos à saúde e eventos associados à saúde coletiva, a sociedade custeia um sistema conhecido como “**vigilância epidemiológica**”. É uma importante arma da saúde pública para obter dados que permitam descrever as características das doenças e adotar medidas específicas de prevenção. Serve igualmente pra controlar uma possível erradicação de doenças, e fornecer indicadores que sirvam de suporte ao planejamento, administração e avaliação das ações de saúde.

As informações produzidas pelo sistema de vigilância epidemiológica funcionam como um mecanismo de alerta sobre a incidência de determinados agravos da saúde. Seu objetivo geral é gerar a informação pertinente e promover o seu uso com o propósito de tomar medidas para melhorar a saúde pública (Pereira, 1995).

De acordo com o Ministério da Saúde, uma das ferramentas de trabalho mais importantes para a vigilância em saúde é a informação. Dispor de informação de qualidade, que retrate de forma fidedigna a situação de saúde nos diversos estados e municípios brasileiros, permite que o sistema de saúde planeje melhor suas ações de prevenção e controle de doenças, assim como de promoção da saúde (Lima, 2008).

O propósito de melhorar a saúde pública também estimula o presente estudo e para aclarar os delineamentos dele, faz-se necessária a definição de alguns conceitos e terminologias utilizadas pelo setor saúde em vigilância sanitária e epidemiologia. Serão abordadas as infecções hospitalares na Unidade de Terapia Intensiva (UTI).

A **infecção** é o dano decorrente da invasão, multiplicação e ação de produtos tóxicos de agentes infecciosos nos hospedeiros ocorrendo interação imunológica. O organismo infectante ou patogênico procura utilizar os recursos do hospedeiro para se multiplicar, trazendo evidentes prejuízos para o hospedeiro alterando sua fisiologia normal.

As infecções podem ser classificadas como hospitalar ou comunitária. Infecção Hospitalar (IH) é aquela adquirida após a admissão do paciente e que se manifesta durante a internação ou determinadas horas após a alta, sempre que puder ser relacionada com o procedimento hospitalar. Se constatada ou em incubação ou no ato da admissão do paciente, desde que não relacionadas com internação anterior do mesmo hospital trata-se de Infecção Comunitária (IC).

Uma doença é **infecciosa** quando aparecem sintomas no hospedeiro resultantes de uma infecção, e **infectividade** é a capacidade de certos organismos de penetrar, desenvolver ou multiplicar em outro, ocasionando uma infecção. Por exemplo: alta infectividade: o vírus da gripe e baixa infectividade: os fungos.

Existe também **colonização** que é o crescimento e a multiplicação de um microrganismo em superfícies epiteliais do hospedeiro, sem expressão clínica ou imunológica, isto é, que se reproduzem sem causar infecções ou doenças. No estudo em desenvolvimento não se faz distinção entre os casos de infecção e colonização. As medidas protocolares são as mesmas para os dois casos. Portanto todos os resultados laboratoriais positivos serão tratados pela expressão “infecção”. Além disso, também não se faz distinção entre bactérias sensíveis e bactérias multirresistentes. Serão considerados todos os resultados positivos, independente dessa classificação.

As ocorrências de infecções podem ser classificadas de acordo com a quantidade de casos, a região onde ocorreram ou o tempo entre as ocorrências, são elas (Pereira, 2007):

1. **Surto:** é a ocorrência de dois ou mais casos epidemiológicos relacionados ou a ocorrência de uma doença em lugares extremamente delimitados como escolas, quartéis, bairros ou favelas.
2. **Epidemia:** é a ocorrência em uma comunidade ou região de casos de natureza semelhantes claramente excessivas em relação ao esperado. O conceito usado na epidemiologia é uma alteração, espacial e cronologicamente delimitada, do estado saúde-doença de uma população, caracterizada por uma elevação inesperada e descontrolada, ultrapassando os valores do limiar epidêmico preestabelecidos para aquela doença.
3. **Pandemia:** caracterizada por uma epidemia com larga distribuição geográfica, atingindo mais de um país ou continente. Um exemplo típico é a AIDS.
4. **Endemia:** é a ocorrência de determinada doença que acomete sistematicamente populações em espaços característicos, determinados, no decorrer de um longo período, que mantém uma incidência relativamente constante, permitindo variações cíclicas e sazonais.

### 3.3.2 Diagnóstico e Prevenção

Existem várias formas de diagnosticar uma infecção hospitalar:

#### a) Princípios

- Evidências clínicas,
- Exames Laboratoriais,
- Evidências de estudo com métodos de imagem,
- Endoscopia, ou
- Biopsia.

#### b) Critérios Gerais de identificação

- Quando na mesma topografia da infecção comunitária for isolado outro germe, seguido de agravamento das condições clínicas do paciente.
- Infecção que se apresenta com mais de 72 horas após a admissão, quando se desconhece o período de incubação e não houver evidência clínica e/ou laboratorial no momento da admissão.
- As que aparecem antes das 72 horas na internação quando associadas a procedimentos diagnósticos e/ou terapêuticos do período.

A **infecção prevenível** é aquela que a alteração de algum evento relacionado pode implicar na prevenção da infecção. Acreditando nesse conceito, buscou-se identificar quais eventos trariam algum benefício para a saúde hospitalar. O **controle de infecção**, para somar a essas melhorias, tem o objetivo de baixar a incidência de casos a níveis mínimos e evitar casos de epidemia e pandemia, com isso a prevenção passou a ser implantada nos hospitais.

A **prevenção** visa empregar medidas de profilaxia, a fim de impedir que os indivíduos sadios venham a adquirir a doença. Hoje em dia, existem numerosas formas de prevenção, dentre elas podemos citar higienização das mãos corretamente, antes e depois de procedimento por parte dos médicos e auxiliares e no cotidiano das pessoas que tem contato com pacientes infeccionados. Essa medida pode ser complementada com o álcool em gel, que é um procedimento relativamente simples e faz uma grande diferença no resultado final, evitando a contaminação cruzada por exemplo.

A questão do uso racional de antimicrobianos também é primordial para que seja evitado o surgimento de bactérias mais resistentes e de difícil controle no ambiente hospitalar.

### **3.3.3 Controle de Qualidade e a saúde**

O movimento em busca da qualidade na área de saúde iniciou-se somente nos anos 80, quando o Japão já tinha provado sua liderança no mercado mundial com uma produção industrial muito organizada com a utilização das técnicas de controle de qualidade. No Brasil, o trabalho está apenas começando, ainda há a necessidade de conscientizar e motivar os administradores hospitalares do desafio de implantar a qualidade total nos hospitais brasileiros.

O CEP pode ser aplicado de diversas formas diferentes dentro da área de saúde, desde a qualidade da administração até o controle de bactérias.

Muitos hospitais, atualmente, possuem um apoio estatístico na busca por melhorias, mas em geral ele é usado em áreas específicas e limitadas. Existem muitos indicadores de qualidade na área de saúde, o que facilita a mensuração e identificação da qualidade dos hospitais, atendimentos ou profissionais.

## **4. Contexto da Pesquisa**

### **4.1 Local de Estudo**

O Hospital Universitário de Brasília (HUB) é um hospital público ligado a UnB. Este localiza-se na via L2 Norte e serve à comunidade do Distrito Federal nos níveis primário, secundário e terciário, recebendo ainda pacientes das cidades do entorno de Brasília e oriundos de várias outras Unidades da Federação, sendo, portanto, um hospital de referência onde se desenvolve um importante trabalho de ensino, pesquisa e assistência. Conta atualmente com 33 especialidades médicas e 289 leitos, dos quais 6 pertencem à UTI. Possui ainda 121 salas de Ambulatório. Seu Corpo Clínico é formado por diversos profissionais da área de saúde: professores da UnB, servidores do Ministério da Saúde e profissionais contratados<sup>1</sup>.

### **4.2 Coleta, apuração e seleção dos dados**

O HUB mantém um registro contínuo dos resultados de exames laboratoriais de todos os testes de infecções. Esses registros são feitos sistematicamente pelo laboratório de microbiologia, relatados em atas e organizados por topografia. São manuscritos com informações sobre a bactéria e o paciente, os quais se encontram no Laboratório de Microbiologia.

Utilizando essas informações foi montado um banco de dados no trabalho já citado da graduada Camila Tigano. No presente estudo, esse banco de dados foi atualizado com informações do ano de 2011, no qual foi incluída uma nova bactéria que fez parte da análise.

Após a tabulação das datas, os dias entre infecções (DEI) são contados e pode-se estimar média e desvio padrão, esses parâmetros serão necessários para calcular os limites dos gráficos de controle como foi explicado anteriormente, no item ii. Com os

<sup>1</sup> <<http://www.hub.unb.br/institucional.html>> acessado em 02/06/2012.



gráficos construídos podem-se tirar conclusões a respeito do controle do processo e dos efeitos das medidas adotadas pelo hospital com o passar dos anos.

### **4.3 Limitações da Pesquisa**

Durante a pesquisa ficaram evidentes algumas falhas no processo de coleta que podem ser aprimoradas pelo HUB para um melhor resultado nos estudos estatísticos realizados pelo CCIH, além de algumas dificuldades encontradas para esta pesquisa, são elas:

i. Ausência de informatização dos dados: O HUB não conta com um sistema informatizado no que tange ao processo administrativo como um todo. No entanto, a partir de agosto de 2009 o laboratório de microbiologia passou por mudanças que resultaram em uma aceleração nos resultados dos exames, porém o registro dos dados ainda não é informatizado e isso influi na qualidade dos dados.

ii. Registro de eventos relevantes: Faz-se necessário um registro dos eventos relevantes, isto é, quando o hospital adota uma medida para prevenir alguma doença ou um aumento na rigidez das ações que seguem o protocolo de prevenção à infecção hospitalar, devem ser registrados para que no estudo as mudanças no gráfico sejam justificadas ou uma melhor identificação dos resultados.

iii. Descarte do material e das atas laboratoriais: Durante o processo de coletas, o hospital fez um expurgo do material estocado e as atas que continham os dados anteriores aos últimos 5 anos foram descartadas. Então o intervalo abordado por esse estudo foi reduzido para 5 anos: de 2006 a 2011.

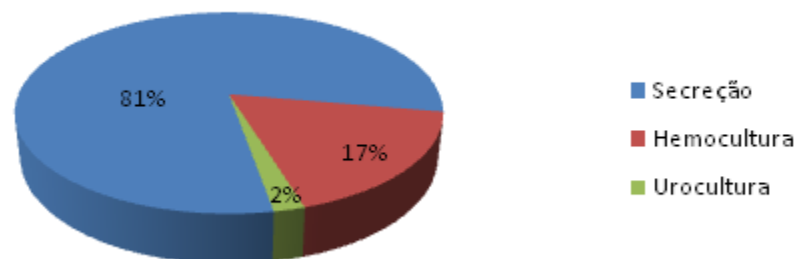
## 5. Resultados

### 5.1 Análise Descritiva

A fim de conhecer melhor as características do banco de dados composto por 499 observações, primeiramente será feita uma análise descritiva das variáveis: topografia dos exames, sexo, número de ocorrências e dias entre ocorrências.

#### Topografia

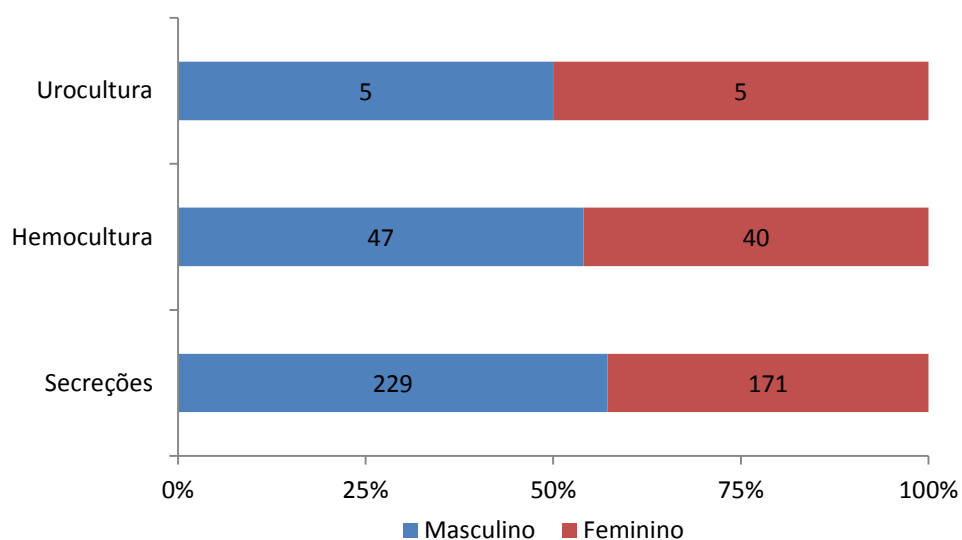
Levando em consideração a topografia, a quantidade de casos positivos é maior nos exames feitos usando as secreções dos pacientes do que o sangue ou urina, como se pode observar na Figura 3. As secreções somam mais de 81% dos casos sendo em segundo lugar a hemocultura com 17% e apenas uma pequena parte resulta de urocultura, de 2%.



**Figura 3:** Variável topografia nos resultados positivos de exame.

#### Sexo

Levando em consideração todos os casos positivos em estudo pode-se afirmar que a maior dos casos foi observada em pacientes do sexo masculino com mais de 56% dos episódios. Ainda considerando a classificação pela topografia foi feita uma separação por sexo, para saber qual aparece em maior frequência. Observa-se na secreção e na hemocultura, a maioria dos casos ocorre com o sexo masculino e na urocultura a quantidade de casos foi igual para os sexos.



**Figura 4:** Frequência de sexo por topografia

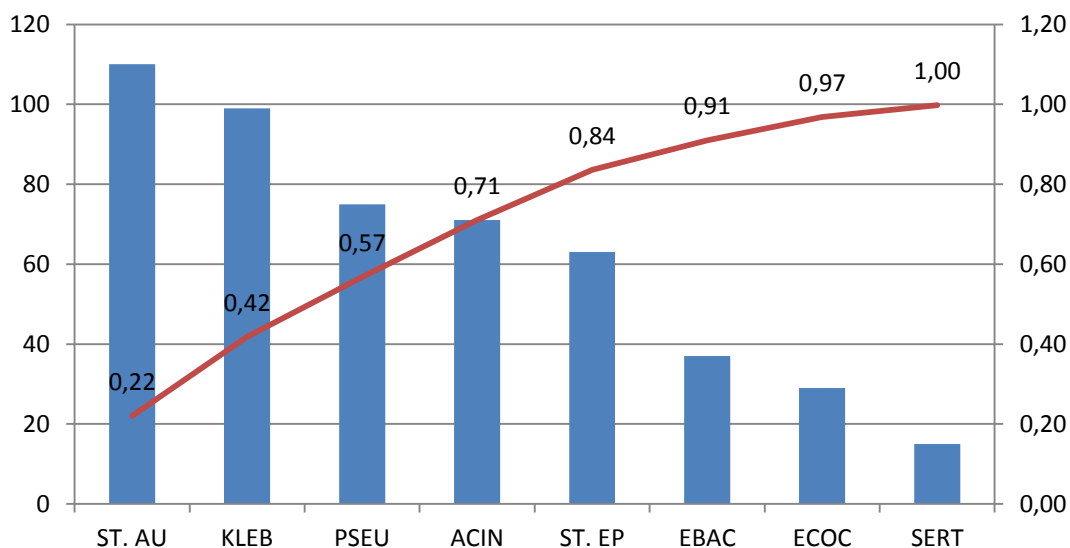
### Número de Ocorrências

A Tabela 1 mostra as frequências absolutas, relativas e acumuladas de cada bactéria somando as três topografias. Foram selecionadas as cinco bactérias com maior frequência entre as utilizadas neste estudo e observou-se o comportamento de cada uma delas durante o período de 2005 a 2011.

Bactérias	Freq. Absoluta	Freq. Relativa	Freq. Acumulada
Staphylococcus Aureus (ST. AU)	110	0,22	0,22
Klebsiella (KLEB)	99	0,20	0,42
Pseudomonas (PSEU)	75	0,15	0,57
Acinetobacter (ACIN)	71	0,14	0,71
Staphylococcus Epidermidis (ST. EP)	63	0,13	0,84
Enterobacter (EBAC)	37	0,07	0,91
Enterococcus (ECOC)	29	0,06	0,97
Serratia (SERT)	15	0,03	1,00

**Tabela 1:** Frequências dos resultados positivos obtidos, por bactéria, na UTI do HUB – Período 2005 a 2011

Com o objetivo de buscar priorizar as bactérias que prevalecem na UTI Adulto do HUB, foi feito o gráfico de Pareto, que tem como princípio separar as poucas causas essenciais das muitas triviais. Observa-se na Figura 5, que as primeiras cinco bactérias, *Staphylococcus Aureus*, *Staphylococcus Epidermidis*, *Klebsiella*, *Pseudomonas* e *Acinetobacter*, representam 84% do total dos resultados positivos. Então para facilitar as próximas etapas da pesquisa apenas estas serão consideradas.

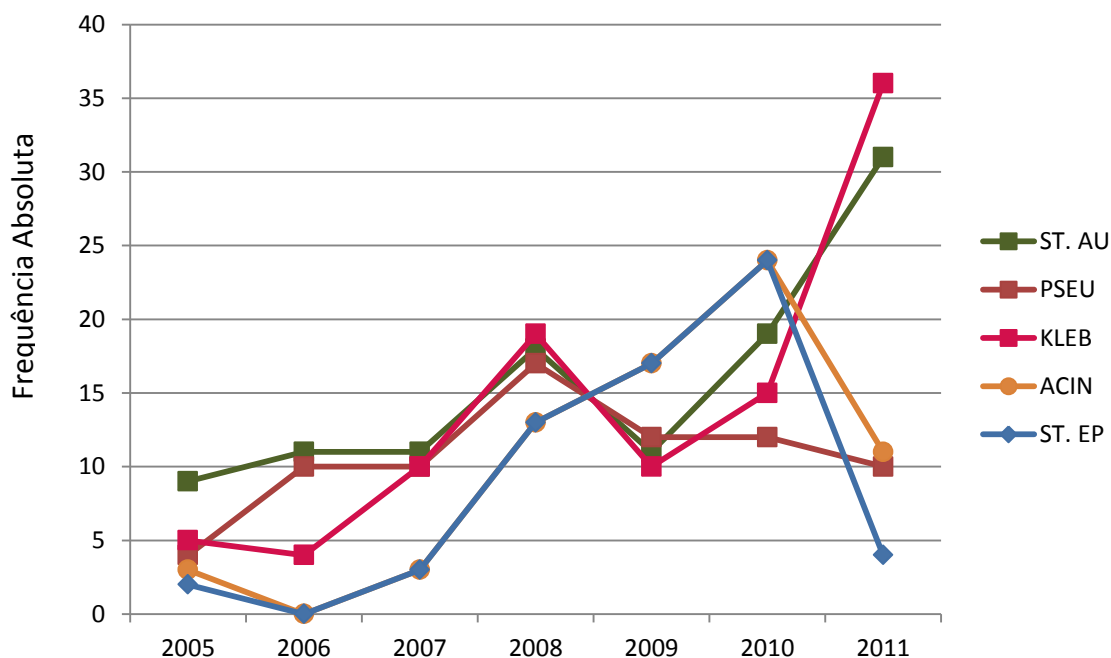


**Figura 5:** Gráfico de Pareto das bactérias.

O gráfico da Figura 6 ilustra o comportamento anual dos resultados positivos que se encontram na Tabela 2. Pode-se perceber que no primeiro ano do estudo, 2005, todas as bactérias possuem uma quantidade muito parecida de casos positivos na UTI do HUB. No decorrer do período estudado, apesar do comportamento específico de cada uma, entre os anos de 2007 e 2010 a maioria das bactérias apresentou uma tendência crescente no número de casos. Em 2011 as bactérias *Staphylococcus Aureus* e *Klebsiella* tiveram picos enquanto as outras caíram.

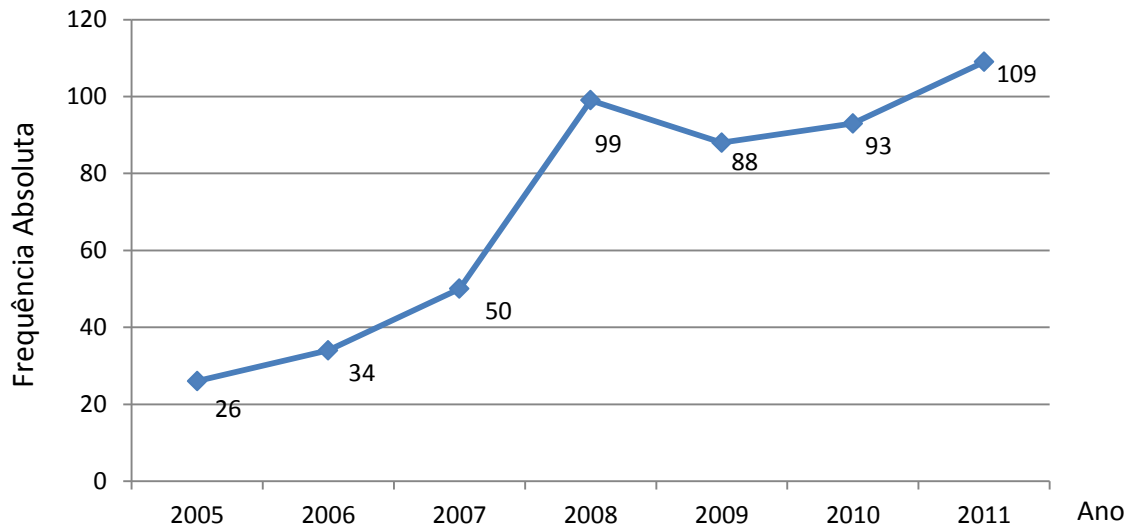
Bactéria	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Total geral
ST. AU	7	13	11	18	11	19	31	110
KLEB	5	4	10	19	10	15	36	99
PSEU	4	10	10	17	12	12	10	75
ACIN	3	0	3	13	17	24	11	71
ST. EP	0	4	12	27	10	6	4	63
<b>Total geral</b>	<b>19</b>	<b>31</b>	<b>46</b>	<b>94</b>	<b>60</b>	<b>76</b>	<b>92</b>	<b>418</b>

**Tabela 2:** Frequência absoluta para bactéria por ano



**Figura 6:** Comportamento das bactérias mais frequentes no passar dos anos

A Figura 7 mostra o comportamento conjunto das bactérias ao longo dos anos. Existe um grande aumento de casos de 2006 a 2008 e após esse período os valores se mantêm alto devido ao pico do Acinetobacter que chega a ser igual a Staphylococcus Epidermidis em 2010, como pode ser observado na Figura 6 e no último ano ao pico da Klebsiella e da Staphylococcus Aureus.

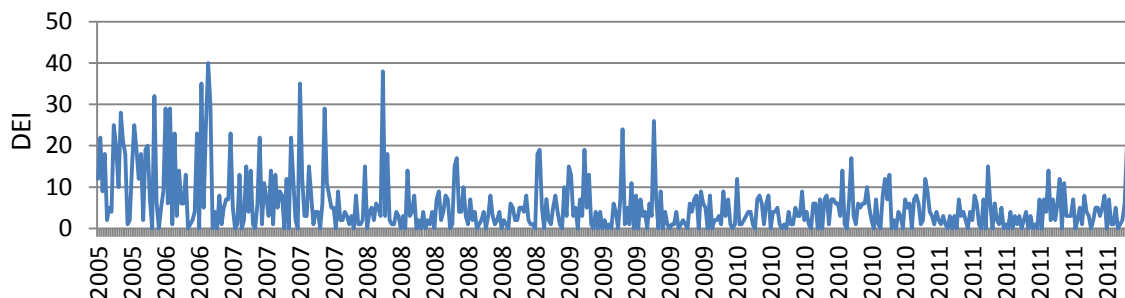


**Figura 7:** Comportamento conjunto das bactérias

Além disso, no geral a frequência observada das bactérias em 2011 é maior que a do início do período estudado, nos levantando a suspeitar que a capacidade de testes aumentou ou que a coleta passou a ser registrada com maior cuidado.

### **Dias entre infecções (DEI)**

No estudo da variável DEI verifica-se que a média dos DEI decresce de 14,08 em 2005 para 3,38 em 2011. Isto significa que os intervalos de dias entre as infecções no período inicial da pesquisa foram maiores do que nos últimos anos. Essa afirmação se ratifica com o aumento visível da frequência, o que reforça a suspeita já citada sobre o aprimoramento da coleta dos dados ao longo dos anos.



**Figura 8:** Acompanhamento temporal da DEI de 2005 a 2011.

Pela Figura 8 observam-se intervalos de dias mais elevados nos primeiros anos e diminuem consideravelmente a partir de 2008. No início de 2009, ainda existem algumas elevações nos valores do DEI que é o motivo do leve aumento na média, mas que voltam a reduzir no final do mesmo ano e início de 2010.

## 5.2 Gráficos de Controle

Neste trabalho foram construídos os gráficos CUSUM, EWMA e de Regressão utilizando o banco de dados atualizado sendo assim possível a comparação. Em seguida, serão apresentados os três tipos de gráficos para as cinco bactérias estudadas com a finalidade de observar os desempenhos.

Atualmente, no HUB, o controle de qualidade vem sendo feito utilizando o gráfico CUSUM, o qual tem sido considerado como uma boa ferramenta de apoio à gestão da vigilância epidemiológica, de acordo com o outro trabalho de conclusão de graduação sobre esse tema (Tigano, 2010).

A seleção apropriada, dos parâmetros  $k$  e  $h$ , é importante, e tem um impacto substancial no desenvolvimento do CUSUM. Usualmente, esses parâmetros são escolhidos com o intuito de fornecer o  $ARL$  (o número esperado de ocorrências antes que um alarme seja dado) desejado, quando o processo está operando no valor *alvo*

ou quando um desvio  $\delta$  ocorre. O ideal é que o  $ARL$  seja grande quando  $\mu = \mu_0$  ( $ARL_0$ , medido em número de ocorrências) e pequeno quando  $\mu$  se desvia de  $\mu_0$  ( $ARL_1$ , igualmente medido em número de ocorrências). No presente trabalho os valores dos parâmetros  $k$  e  $h$  serão sempre ajustados para alcançar o melhor desempenho possível na detecção do desvio ( $ARL_1$  menor possível), uma vez que o  $ARL_0$  pequeno (tempo curto entre alarmes falsos) não prejudica tanto o processo e, pode não causar grandes prejuízos ao hospital (onde o custo desse tipo de alarme é considerado relativamente baixo). Os parâmetros dos gráficos CUSUM serão calculados com auxílio do aplicativo *geth.exe* desenvolvido em 1998 por Hawkins & Olwell e disponível em página na web<sup>2</sup>.

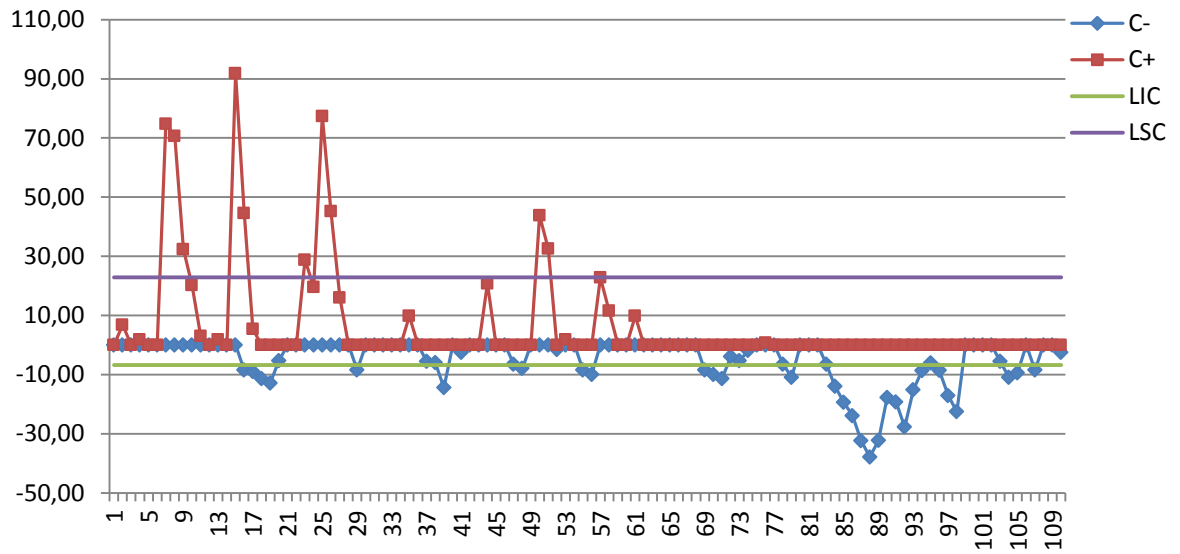
No gráfico EWMA, o valor do  $k$  utilizado foi 3 e o  $\lambda$  escolhido foi igual a 0,8 com o intuito de construir intervalos mais flexíveis e no gráfico de Regressão foi utilizada a função da linha de tendência para esses cálculos.

### **Staphylococcus Aureus**

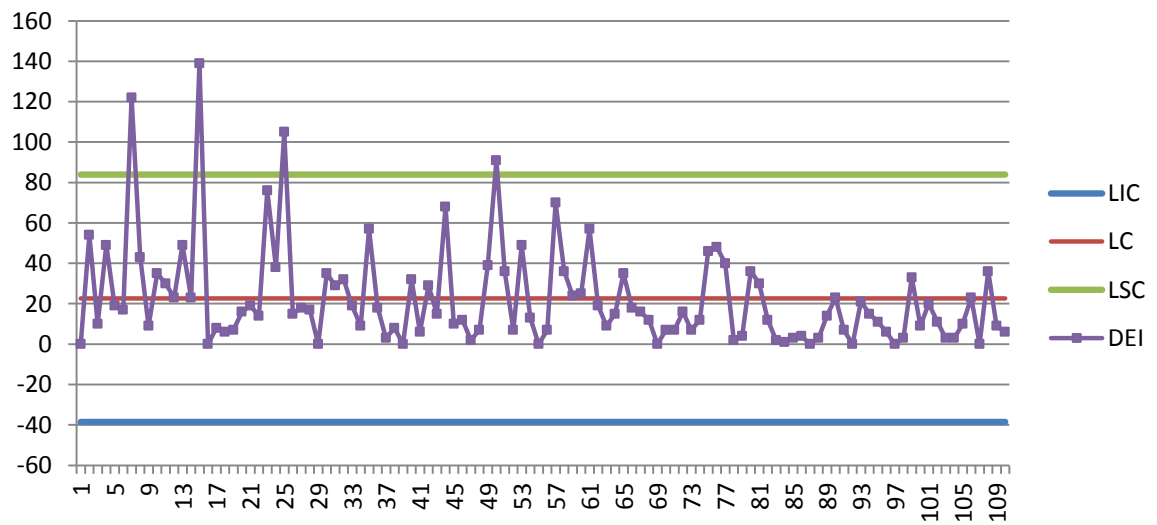
Os três tipos de gráficos apresentados nas Figuras 9, 10 e 11 mostram que a média da DEI diminuiu a partir da 50ª. ocorrência, que corresponde a dezembro de 2008. A partir desse período, o gráfico não detecta mais os espaçamentos longos e passa a detectar exageradamente os espaçamentos curtos. Assim sendo, optou-se por dividir a série de dados em duas partes: 2005 a 2008 e 2009 a 2011.

<sup>2</sup>><http://www.stat.umn.edu/~doug/software/software.htm>. (Hawkins & Olwell, 1998)

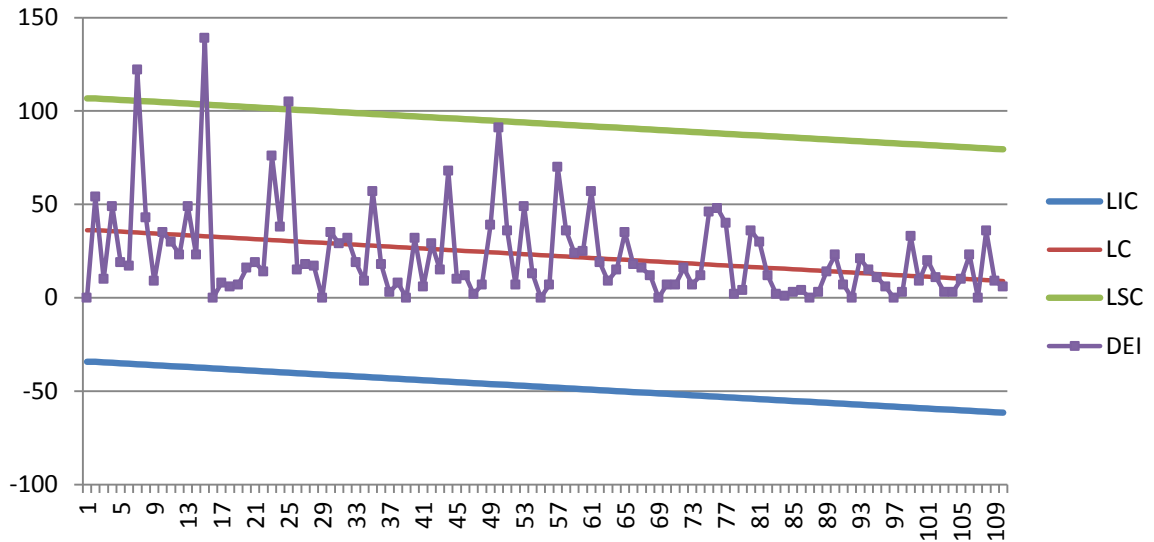




**Figura 9:** Gráfico CUSUM para Staphylococcus Aureus

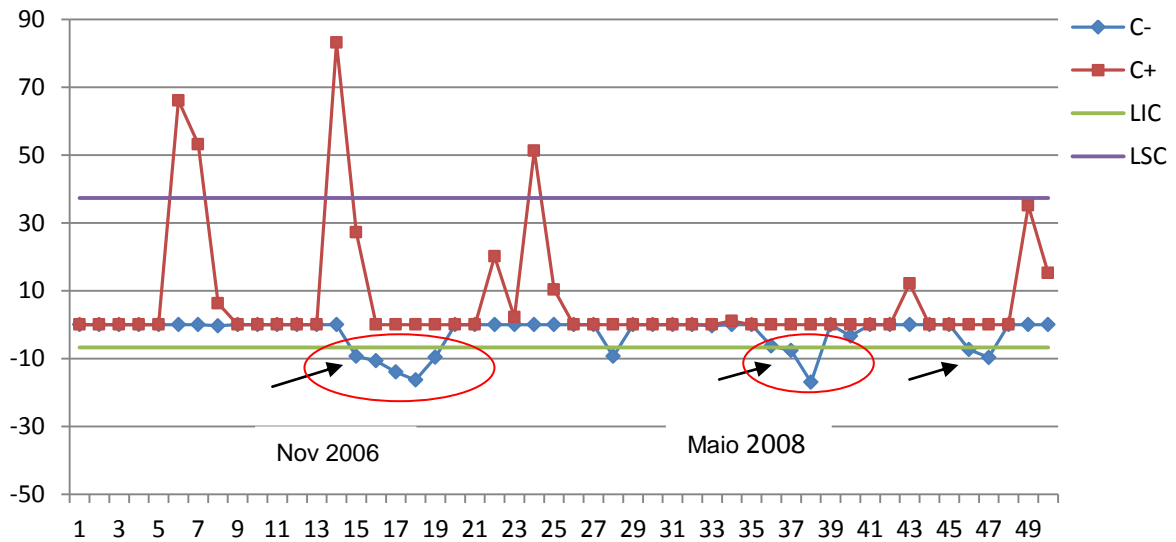


**Figura 10:** Gráfico EWMA para Staphylococcus Aureus



**Figura 11:** Gráfico de Regressão para Staphylococcus Aureus

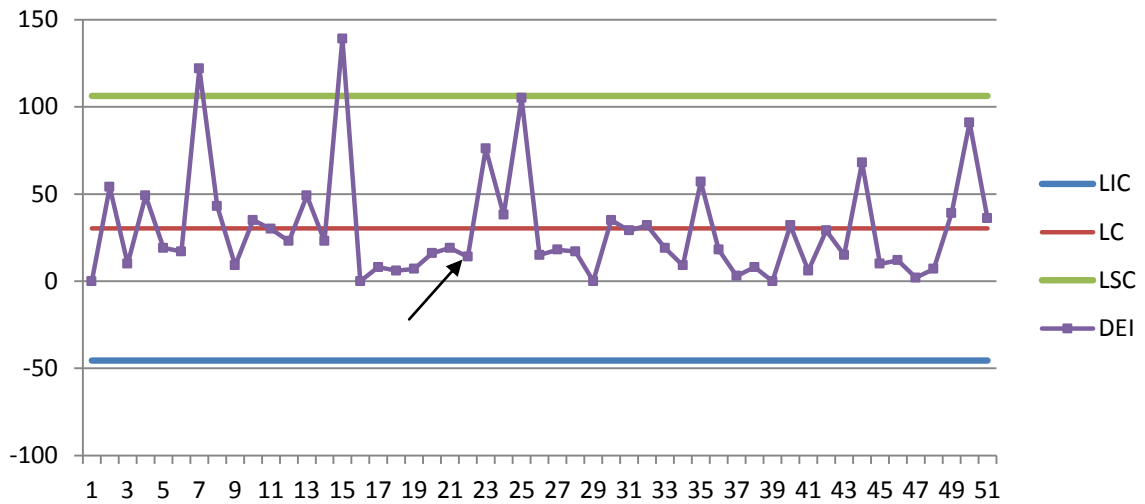
Observa-se, a partir da Figura 12 que houve três sinais de alerta no CUSUM inf, todos eles seguidos de outras ocorrências em curtos espaços de tempo. Pode-se afirmar que, se a equipe tivesse tomado as precauções de imediato, nas ocorrências assinaladas pelas flechas, as subsequentes poderiam ter sido evitadas.



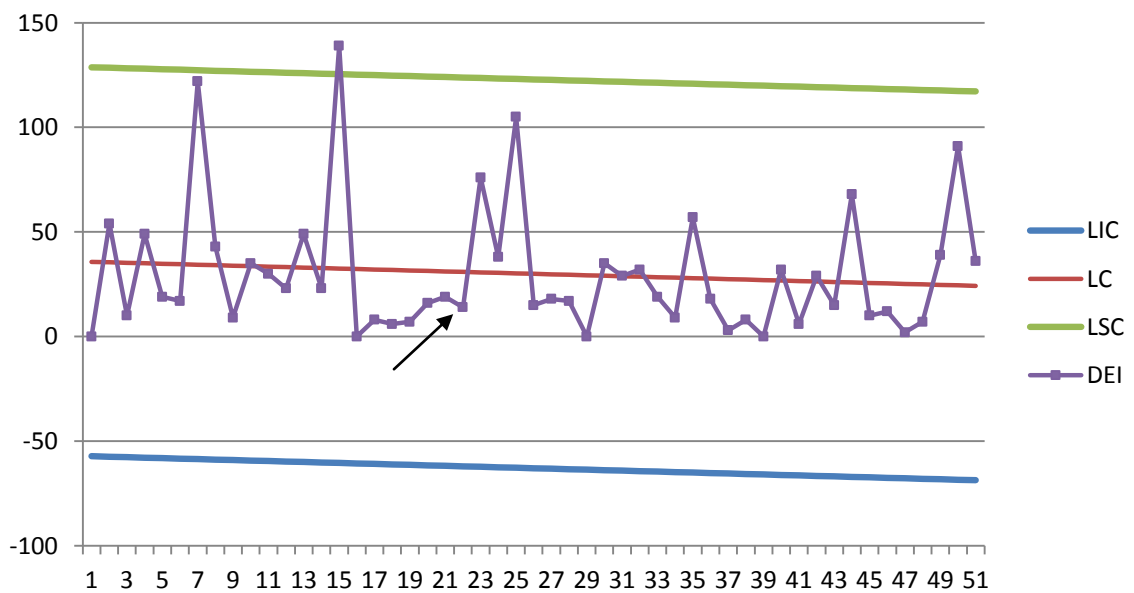
Legenda: → sinal de alerta  
 ○ sinal de alarme

**Figura 12:** Gráfico CUSUM para Staphylococcus Aureus, 2005 a 2008

Percebe-se que dos pontos fora dos limites de controle, representados pelos círculos no gráfico CUSUM da Figura 12, apenas o primeiro alarme é sinalizado pelos gráficos EWMA e de Regressão nas Figuras 13 e 14. O conjunto de seis pontos consecutivos abaixo do limite central pode ser considerado um sinal de alarme, visto que, de acordo com as regras adicionais de Shewhart, uma sequência de nove pontos do mesmo lado da linha central é sinal de que há evidências de que o processo está fora de controle como foi explicado no Tópico 3.2. Esse tipo de sinal, no entanto é um alerta retardado, pois o usuário do gráfico só constatará a alteração quando esses seis ou nove pontos já tiverem sido registrados no gráfico. Vale resaltar que na presente análise, para os gráficos EWMA e de Regressão, será feita classificando como alarme, a presença de uma sequência de pelo menos seis pontos de um mesmo lado da linha central. Assim sendo, está se usando um pouco mais rigor do que o preconizado por Shewhart.

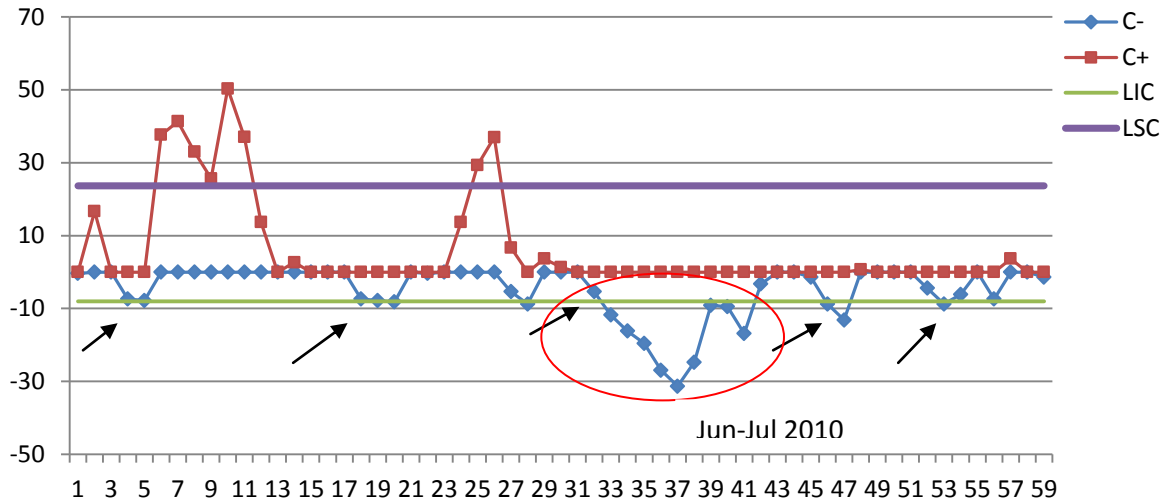


**Figura 13:** Gráfico EWMA para Staphylococcus Aureus, 2005 a 2008



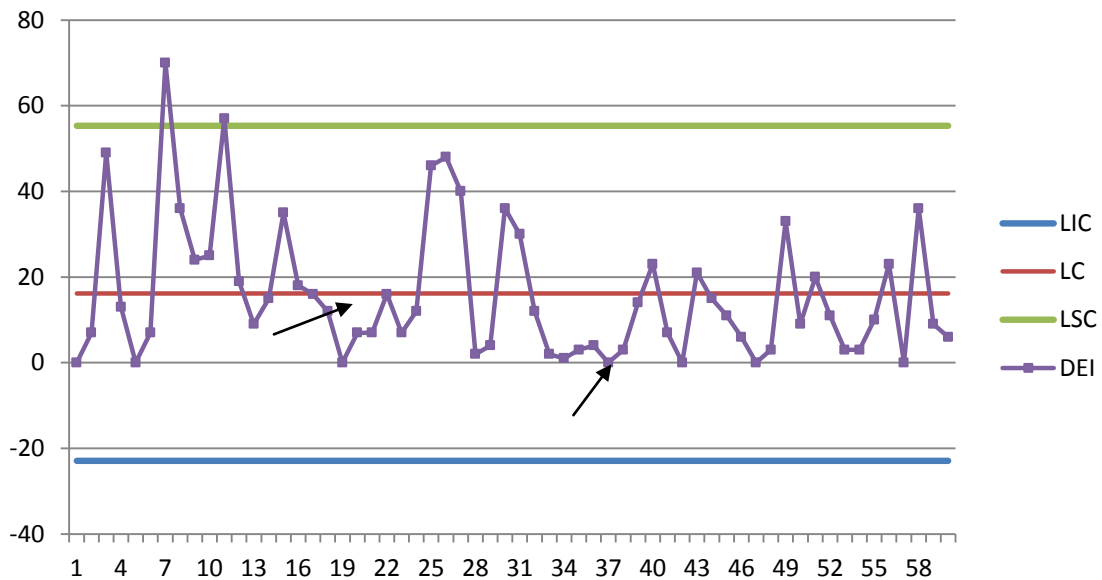
**Figura 14:** Gráfico de Regressão para Staphylococcus Aureus, 2005 a 2008

No período de 2009 a 2011, houve muitos sinais de alerta e apenas um de alarme, no período de junho/julho de 2010. Nessa época houve evidências de falhas na comunicação do laboratório, CCIH e da percepção da equipe de vigilância.

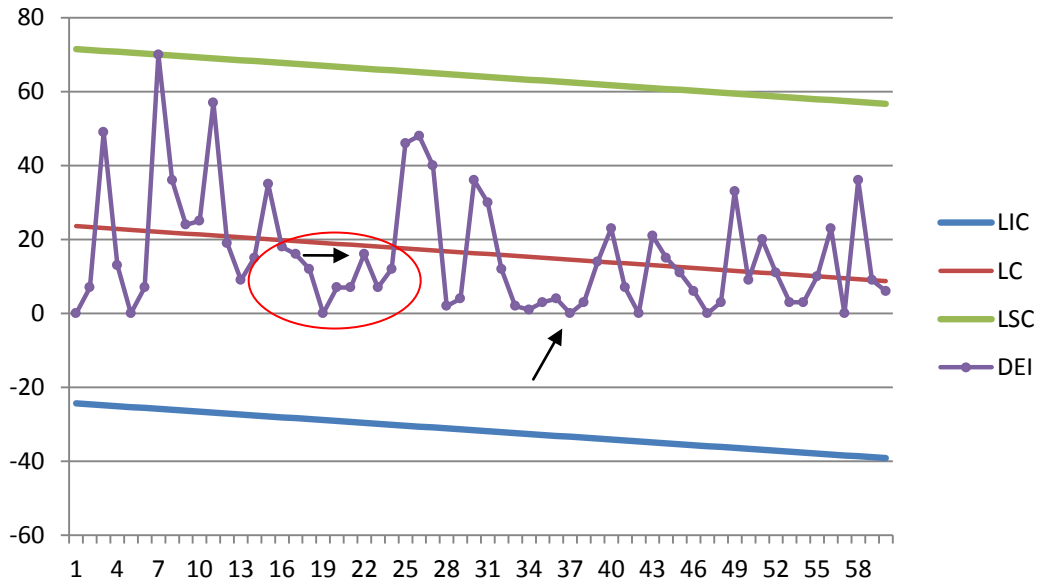


**Figura 15:** Gráfico CUSUM para Staphylococcus Aureus, 2009 a 2011

Ao contrário do CUSUM, que detecta mais rapidamente os momentos em que se inicia a alteração do processo, o gráfico EWMA mostrou apenas alertas após uma sequência de oito pontos abaixo da linha de central (Figura 16). Por sua vez, o Gráfico de Regressão (Figura 17) com a inclinação dos limites de controle, aponta para um possível comportamento fora de controle exatamente no mesmo período que o CUSUM.



**Figura 16:** Gráfico EWMA para Staphylococcus Aureus, 2009 a 2011



**Figura 17:** Gráfico de Regressão para Staphylococcus Aureus, 2009 a 2011

Com relação a DEI superiores pode-se observar vários pontos fora do limite de controle para todos os gráficos. No gráfico EWMA percebe-se que existem menos observações fora dos limites, do que no gráfico CUSUM. Isso ocorre no início do período estudado (2005) e significa que o gráfico CUSUM pode apresentar um maior número médio de alarmes falsos. A partir do caso 52, que corresponde ao início de 2009, os dados se mantêm dentro dos limites até o final do período.

O gráfico de Regressão sugere uma interpretação mais próxima do EWMA, sendo que este apresenta menos pontos fora dos limites de controle. É visível na trajetória da variável DEI, da bactéria Staphylococcus Aureus, a diferença entre o lado esquerdo do gráfico e o lado direito, no qual se observa menor variabilidade entre as ocorrências, associada a espaçamentos mais curtos. Esse fato influenciou na redução do limite central do gráfico EWMA possibilitando o aparecimento de mais pontos fora dos limites de controle.

## Klebsiella

A Klebsiella apresentou observações muito altas no início do estudo (Figura 18), revelando um comportamento atípico da variável nesse período. Observou-se nos três gráficos que houve uma mudança na média da DEI a partir da 19ª. observação. De forma que, para maior concordância com a realidade do comportamento da variável, os primeiros dezoito pontos foram eliminados e os gráficos foram refeitos e aparecem a seguir nas Figuras 21, 22 e 23.

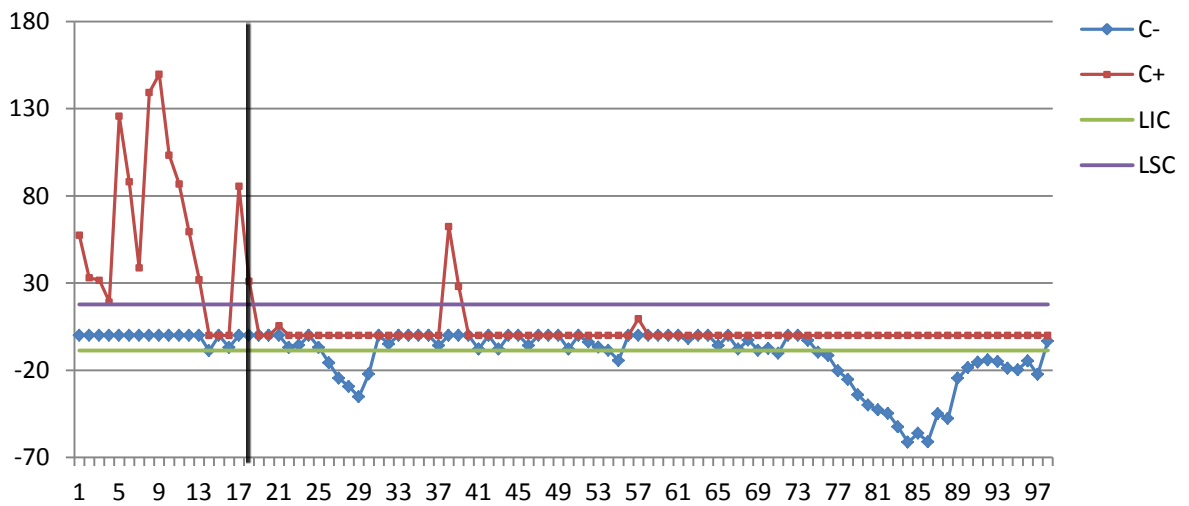


Figura 18: Gráfico CUSUM para Klebsiella

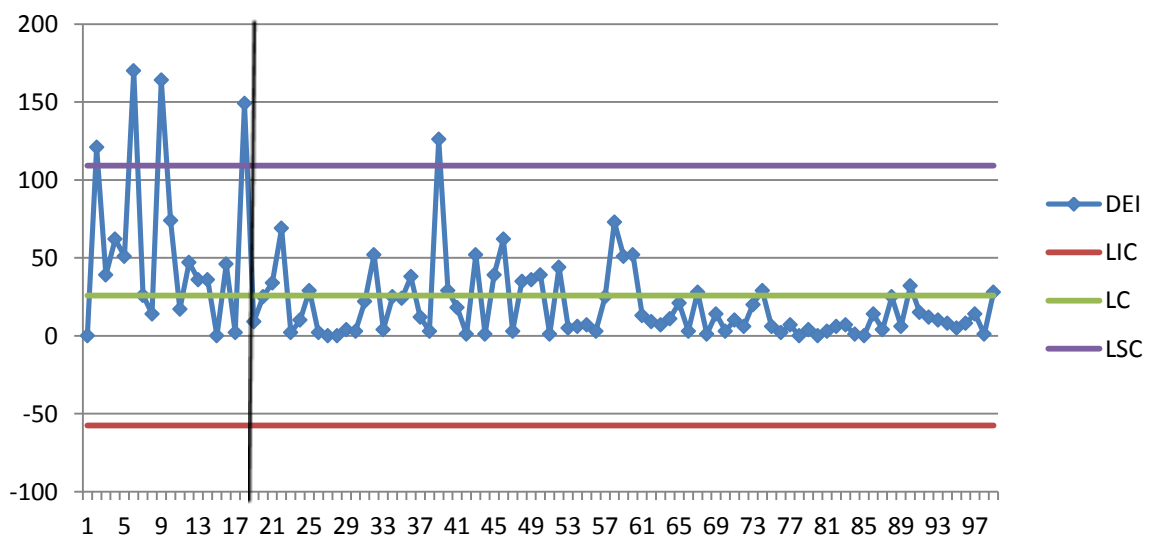
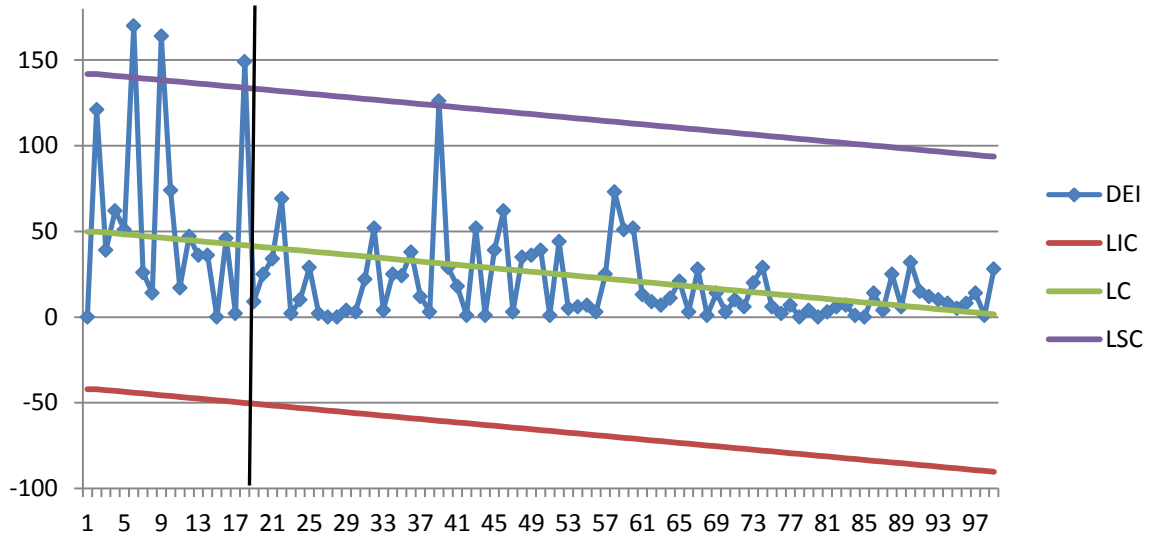


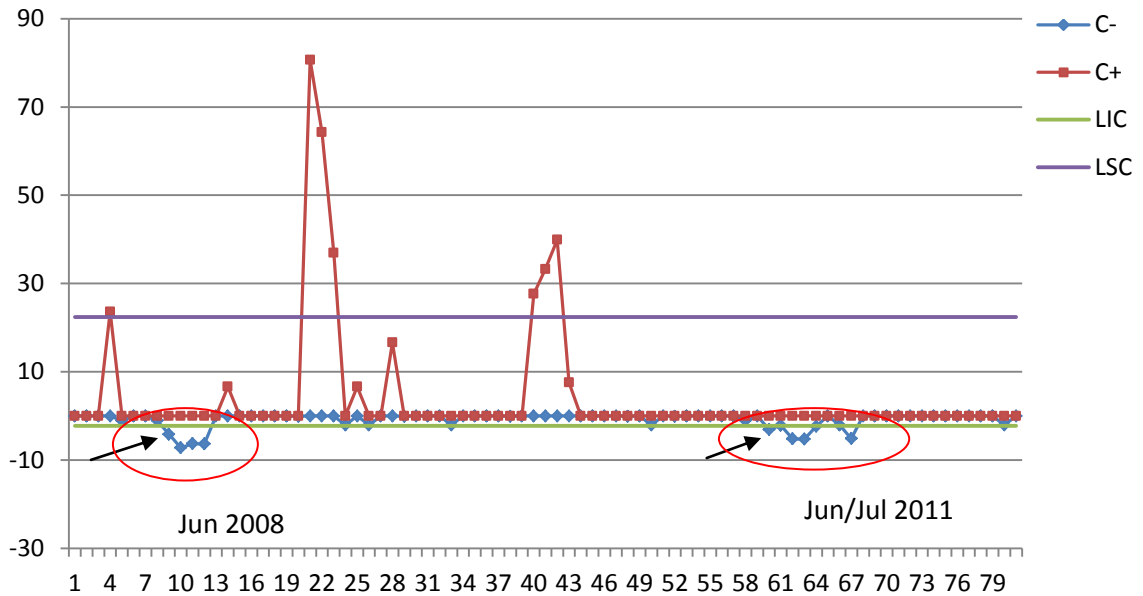
Figura 19: Gráfico EWMA para Klebsiella



**Figura 20:** Gráfico de Regressão para Klebsiella

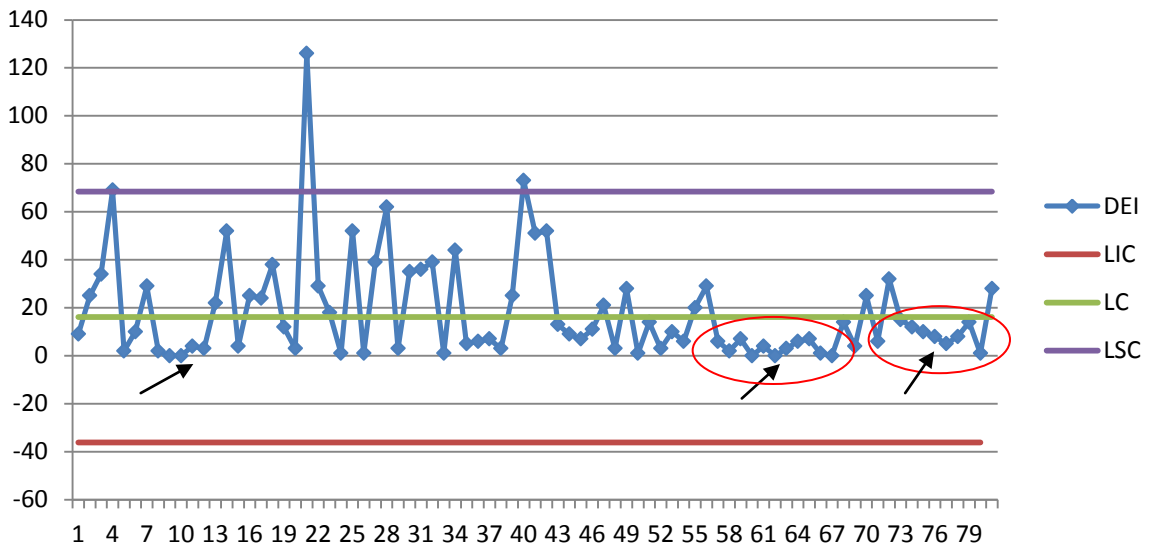
O gráfico CUSUM da Figura 21 apresenta dois momentos de evidência de estado fora de controle indicados pelas circunferências vermelhas (jun 2008 e jun/julho 2011). Nessa mesma figura observa-se que, nesse segundo momento, houve uma sequência indesejável de espaçamentos curtos entre resultados positivos para Klebsiella. Este evento deveu-se a um surto de carbapenêmicos do tipo KPC, em andamento no DF naquele período.



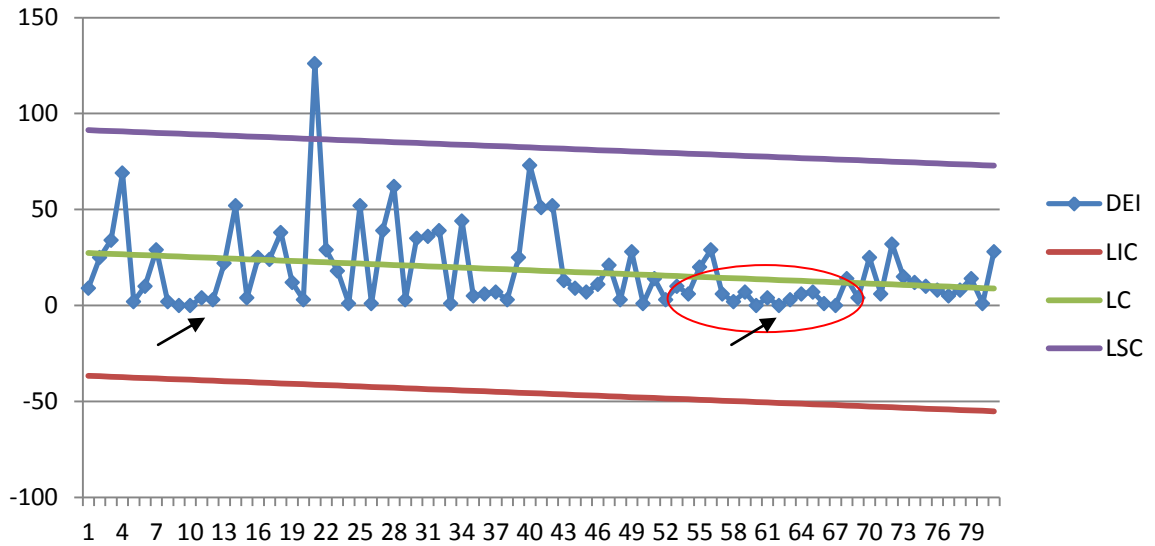


**Figura 21:** Gráfico CUSUM para Klebsiella sem pontos atípicos

Assim como o CUSUM, o gráfico de Regressão, embora tardiamente, Figura 23, também detectou o surto de Klebsiella que durou de maio até julho de 2011. A segunda sequência de pontos que aparece abaixo do limite central no gráfico EWMA, na Figura 22 em novembro de 2011, indicando fuga do controle, não ocorre no gráfico de Regressão.



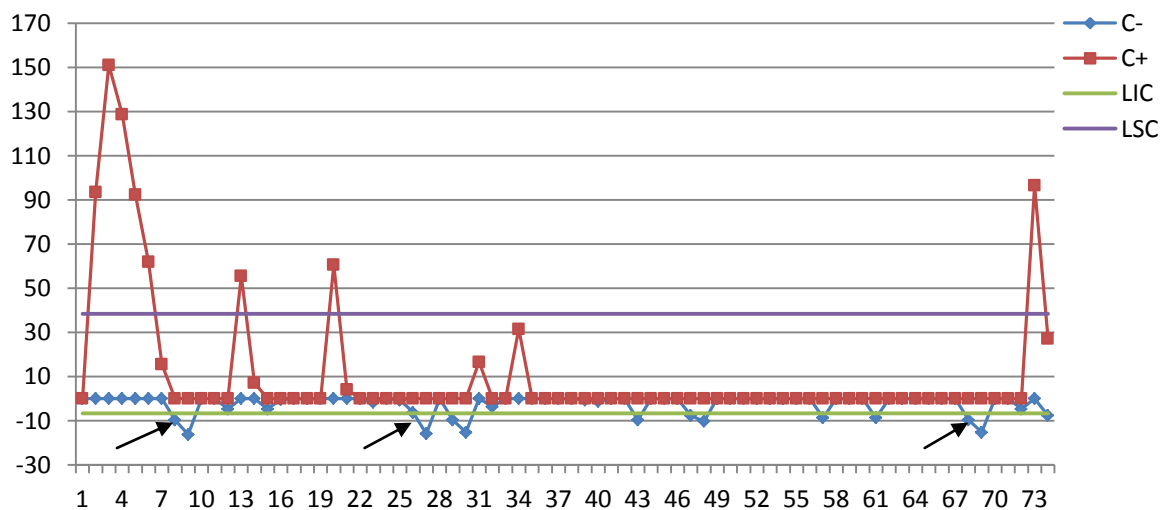
**Figura 22:** Gráfico EWMA para Klebsiella sem pontos atípicos



**Figura 23:** Gráfico de Regressão para Klebsiella sem pontos atípicos

### Pseudomonas

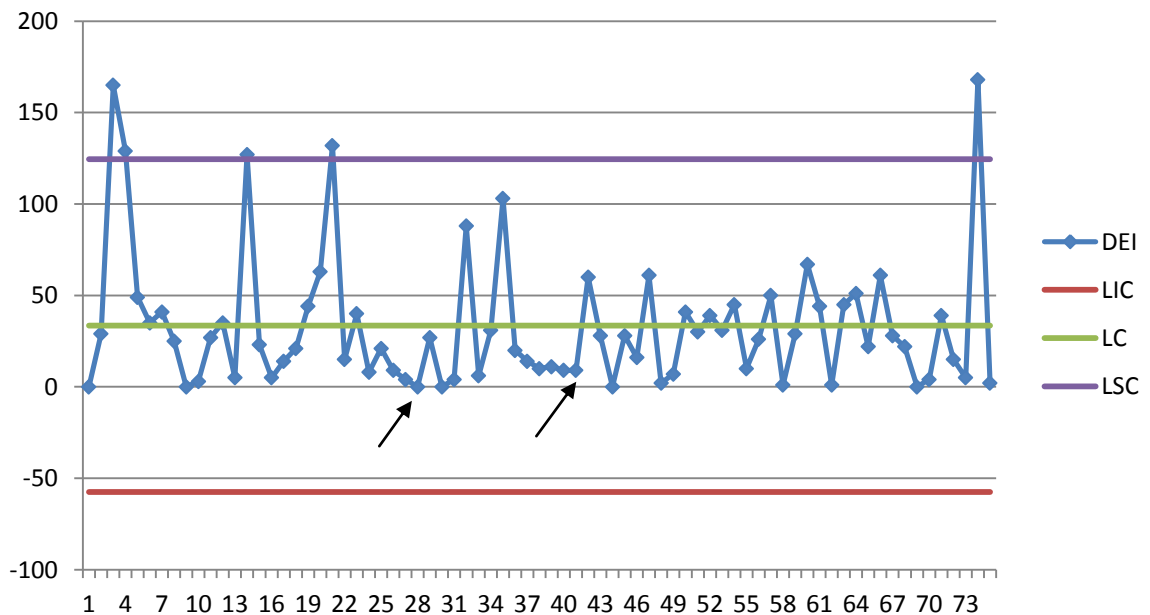
A Bactéria Pseudomonas, de acordo com o gráfico CUSUM da Figura 24 apresentou alguns pontos de alerta, nos períodos de maio/junho de 2006, janeiro/fevereiro de 2008 e abril de 2011.



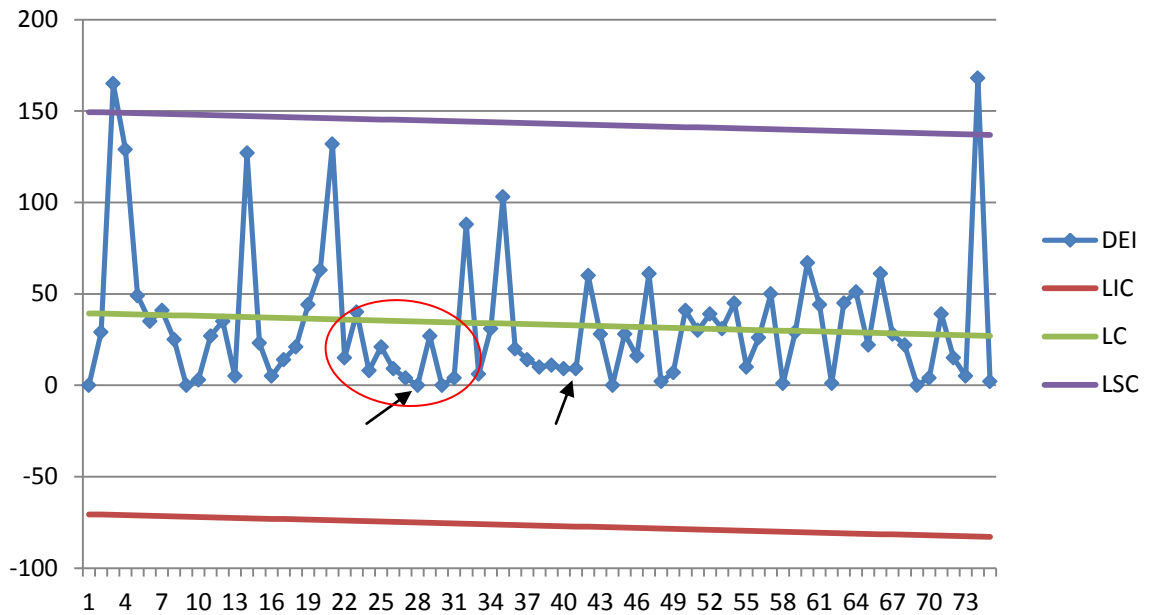
**Figura 24:** Gráfico CUSUM para Pseudomonas

A diferença entre os gráficos foi menor pelo fato de haver apenas três pontos de alerta e dos pontos mais altos serem mais isolados. Os gráficos EWMA e de Regressão indicaram apenas dois desses sinais de alerta, sendo que o primeiro deles pode ser classificado como evidência de que o processo estava fora de controle, na Figura 26.

A inclinação do gráfico de Regressão foi pequena, como se pode observar na Figura 26. Este fato pode ser atribuído à posição da observação final que se encontra fora do limite superior, mantendo a média semelhante à inicial. Percebe-se que entre os intervalos 45 e 65, que vão do final de 2009 até o início de 2010, os dados se mantiveram em torno da média sem grande variação, com apenas alguns pontos nulos e no gráfico CUSUM isso pode ser constatado a partir dos valores em cima da linha central.



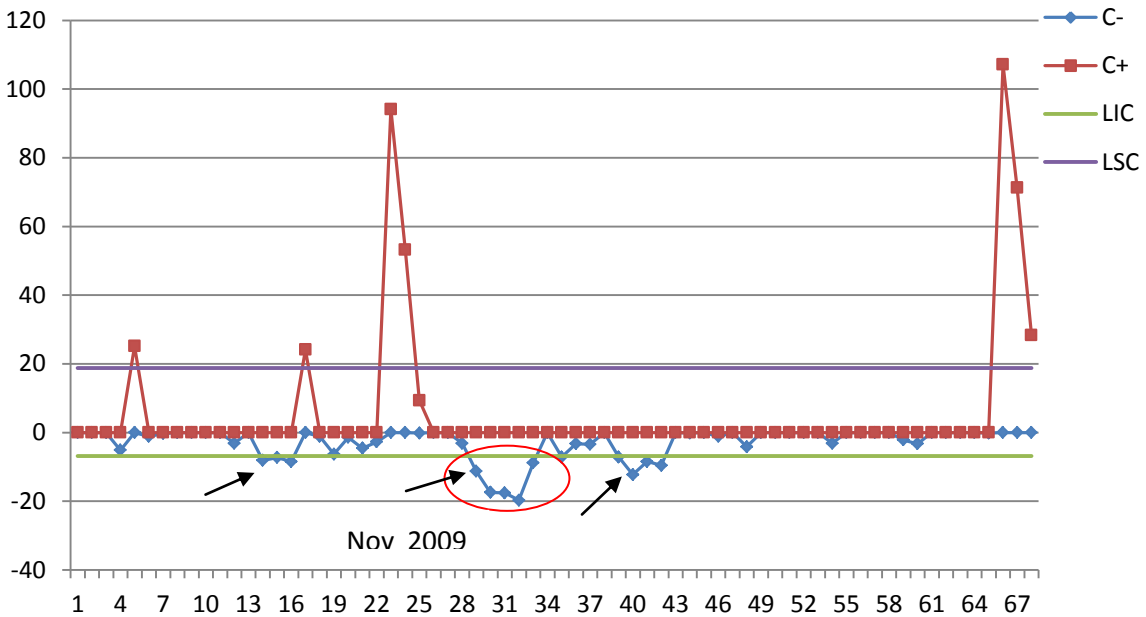
**Figura 25:** Gráfico EWMA para Pseudomonas



**Figura 26:** Gráfico de Regressão para Pseudomonas

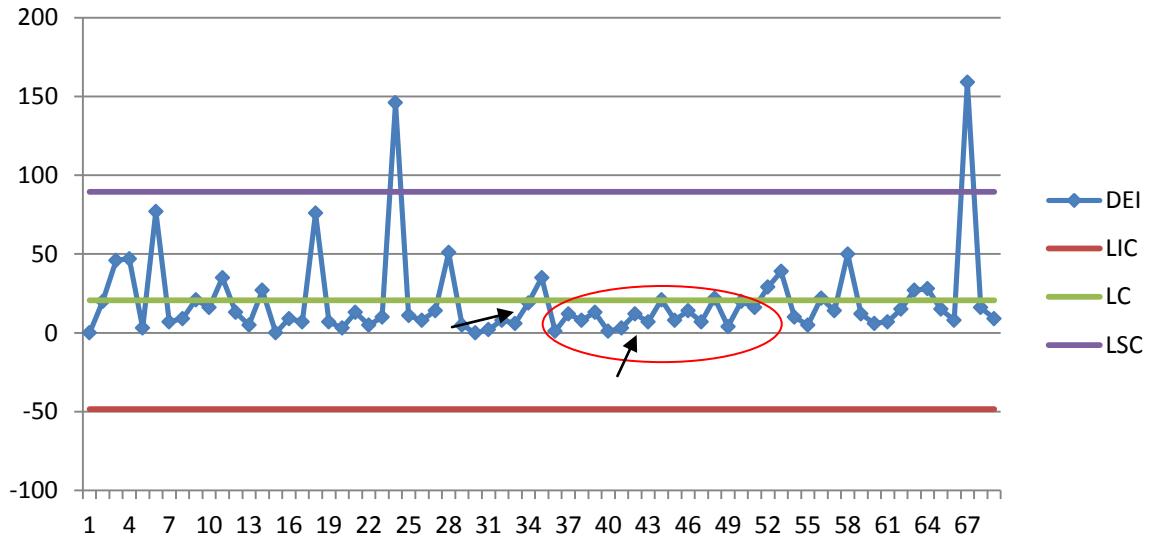
### Acinetobacter

A bactéria Acinetobacter teve frequências parecidas com as frequências do Pseudomonas, apresentando um pico no final do período estudado. Com relação aos valores inferiores, o gráfico CUSUM da Figura 27 apresentou três pontos de alerta, representados pelas setas, sendo um deles, em novembro de 2009, classificado como evidência de que o processo estava fora de controle. Os outros dois gráficos não tiveram o mesmo desempenho.

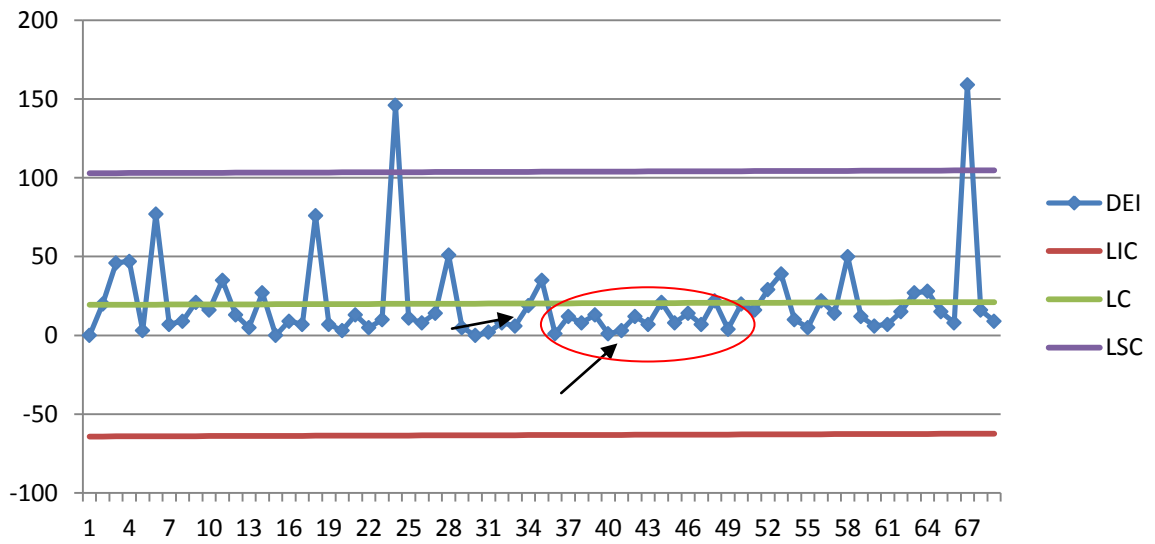


**Figura 27:** Gráfico CUSUM para Acinetobacter

Ao contrário dos primeiros gráficos de Regressão das bactérias anteriores que tiveram inclinação considerável nos limites, os gráficos EWMA e de Regressão podem ser considerados semelhantes quando se trata da bactéria Acinetobacter, não havendo muita diferença nos limites e praticamente nenhuma na quantidade de pontos fora dos limites de controle.



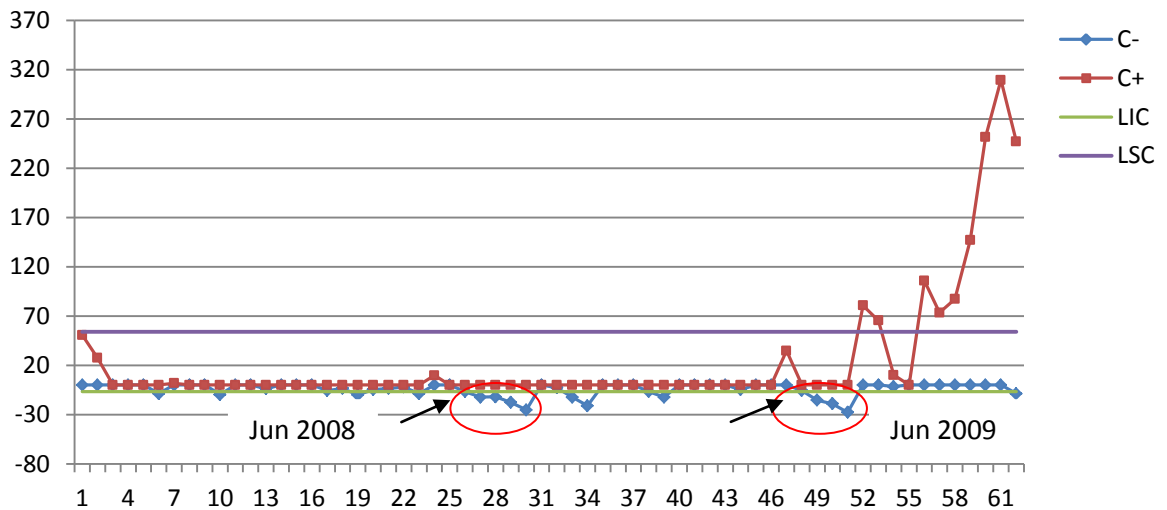
**Figura 28:** Gráfico EWMA para Acinetobacter



**Figura 29:** Gráfico de Regressão para Acinetobacter

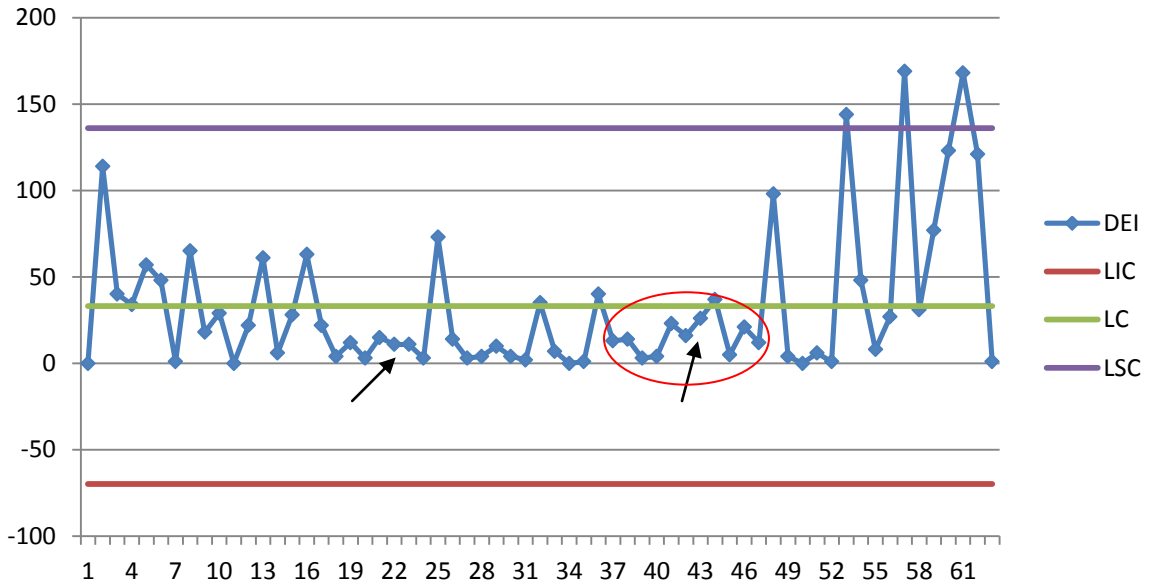
## Staphylococcus Epidermidis

Staphylococcus Epidermidis apresenta um gráfico com espaçamentos largos entre as observações no final do período estudado, como pode ser observado na Figura 30. No entanto, deve-se aguardar os acontecimentos antes de supor que a média dos DEI possa ter aumentado. No decorrer do período estudado houve dois momentos de alerta, em junho de 2008 e 2009, os quais podem ser classificados como sinal de alarme.

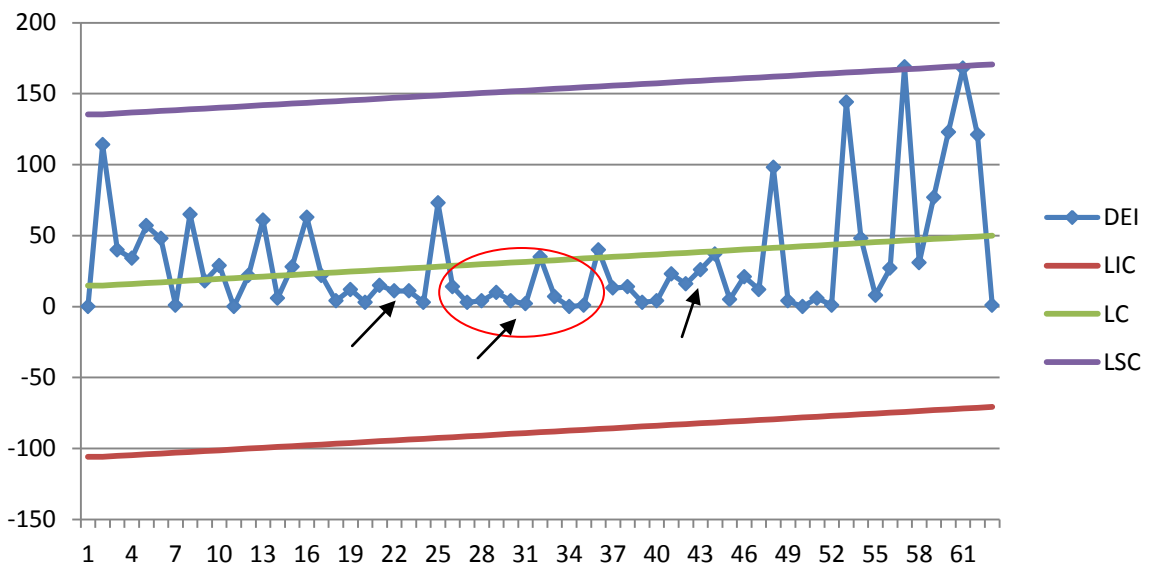


**Figura 30:** Gráfico CUSUM para Staphylococcus Epidermidis

A diferença entre os limites de controle dos gráficos EWMA e o de Regressão mostra que provavelmente houve um aumento da média da variável DEI do período inicial para o final, e por esse motivo aparece uma alteração na inclinação dos limites de controle. Esse comportamento dos limites leva a uma modificação nas conclusões a respeito do processo: se obtidas a partir do gráfico EWMA, haverá evidências de que o processo estava fora de controle; se obtidas a partir do gráfico de Regressão, haverá evidências de que o processo estava sob controle.



**Figura 22:** Gráfico EWMA para Staphylococcus Epidermidis



**Figura 23:** Gráfico de Regressão para Staphylococcus Epidermidis



## 6. Conclusões

O controle de infecções da UTI do HUB está diretamente relacionado com a saúde da população: evitar uma epidemia é uma vantagem muito grande para um hospital. Por isso a busca por melhorias nas ferramentas de trabalho é sempre importante. Com esse objetivo, este estudo buscou explorar outras possibilidades dentro dos gráficos de controle de qualidade para tentar melhorar o desempenho.

Foram analisadas as cinco bactérias mais frequentes do HUB e comparou-se os desempenhos dos gráficos CUSUM, EWMA e de Regressão mostrando as principais diferenças. Segundo os resultados analisados, de forma geral, o CUSUM mostrou ser o gráfico mais sensível para apontar os momentos de alerta ou fuga de controle. Nos gráficos EWMA e de Regressão faz-se necessário esperar uma sequência de 6 ou mais pontos consecutivos a baixo do limite central e em algumas situações as mudanças não são detectadas.

Houve situações em que o gráfico de Regressão teve interpretações mais próximas da realidade que o EWMA e situações inversas também. A inclinação dos limites dos gráficos de Regressão indica a tendência da variável DEI no decorrer do período e isso pode adicionar informação ao estudo. Porém existem casos em que a inclinação muda as conclusões sobre o controle do fenômeno por influência de alguns pontos atípicos.

No estudo de infecções bacteriana na UTI do HUB os falsos alarmes não são considerados grande problema, pois tem baixo custo e o processo não para. Quando uma alerta acontece alguns procedimentos de higienização, retroalimentação e isolamento do paciente se tornam mais rígido.

Levando em consideração tudo que foi exposto acima, conclui-se que o CUSUM é a melhor opção para o controle de infecção, em geral, na área de saúde, por causa da sua grande sensibilidade, indicando rapidamente quando o processo sai de controle.

Não se indica, nesse caso, a substituição pelos gráficos de controle EWMA e de Regressão.

## Referências Bibliográficas

ARAÚJO, R. C. **Controle Estatístico de Processos Multivariados**, [Tese de Mestrado], Universidade de Brasília; 1998.

BENNEYAN, J. C. Statistical quality control methods in infection control and hospital epidemiology, part I: Introduction and basic theory. **Infection Control and Hospital Epidemiology**, Chicago, v.19, n.3, p.194-214, mar. 1988.

BENNEYAN, J. C. Statistical quality control methods in infection control and hospital epidemiology, part II: chart use, statistical properties, and research issues. **Infection Control and Hospital Epidemiology**, Chicago, v.19, n.3, p.194-214, mar. 1988.

BROWN, S.M. et al. Binary cumulative sum and moving averages in nosocomial infection cluster detection. **Emerging Infectious Diseases**, Atlanta, v.8, n.12, p.1426-1432; 2002.

GUSTAFSON, T.I. Practical risk-adjusted quality control charts for infection control. **American Journal of Infection Control**, Washington, v. 28, n.6, p. 406-414; 2000.

HAWKINS, D.M.; OLWELL, D.H. **Cumulative sum charts and charting for quality improvement**. New York: Springer-Verlag; 1998.

ISMAIL, N.A.; PETTIT, N.A.; WEBSTER, R.A. "online" monitoring and retrospective analysis of hospital outcomes based on a scan statistic. **Statistic in Medicine**, v.22, p. 2861-2876; 2003.

LIMA, S. S. **Modelagem Estatística para o Monitoramento de Doenças de Notificação Compulsória**, [Tese de Mestrado], Universidade Federal do Pará; 2008.

MORTON, A.P. et al. The application of statistical process control charts to the direction and monitoring of hospital acquired infection. **Journal of Quality Clinical Practice**, v.21, n.4, p. 122-117; dez. 2001.

MILANI, C. T. **Controle Estatístico de Infecção Bacteriana na UTI do Hospital Universitário de Brasília**, [Monografia] Universidade de Brasília; jun. 2011.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao Controle Estatístico de qualidade**, Quarta Edição, LTC Editora; 2004.

PEIXOTO, M. L. B. **Avaliação da Qualidade do Infectômetro como Instrumento de Identificação de Surto de Infecção Hospitalar**, [Tese de Mestrado], Universidade Federal de Minas Gerais; 2005.

PEREIRA, M. G. **Epidemiologia: Teoria e Prática**, Guanabara Koogan Editora, Rio de Janeiro; 1995.

PEREIRA, S. D. **Conceitos e definições da saúde epidemiologia usados na vigilância sanitária**, São Paulo; 2007.

SANTOS, A. I. Aplicações dos Gráficos de Controle para Valores Individuais na Área da Saúde [Dissertação]. [Rio Grande do Sul (BR)]: Universidade Federal de Santa Maria; 2006.

TURNES, O. LEE HO, L. NOGUEIRA, C. A. RODRIGUES, I. P. **Gráficos de Controle em Epidemiologia: Um estudo de caso**; 17 SINAPE Simpósio Nacional de Probabilidade Estatística, Caxambu-MG; 2006.

TURNES, O. LEE HO, L. NOGUEIRA, C. A. RODRIGUES, I. P. **Planejamento de Gráficos de Controle CUSUM para uma distribuição exponencial: Uma aplicação em Ambiente Hospitalar**, a ser publicado;

ZANINI, R. R. A utilização dos Gráficos de Controle: uma aplicação na Área da Saúde [Dissertação]. [Rio Grande do Sul (BR)]: Universidade Federal de Santa Maria; 2006.

WOODALL, W.H. Use of control charts in health care monitoring and public health surveillance. **Jornal of Quality Technology**, Milwaukee, v.38, n.2, p. 89-104, Abr. 2006.

## Apêndice

**Tabela 3:** Pontos fora de controle inferiores dos gráficos CUSUM

Bactéria	Período	Valores observados	Ordem das ocorrências	
Staphylococcus aureus (1ª. Parte)	Nov/ 2006	0,8,6, 7	15 a 18	
	Mai / 2008	3,8, 0	36,37,38	
	Nov / 2008	2,7	46,47	
	2ª. parte	Jul /2009	0,7	4,5
		Jun / 2010	0,7,7	18,19,20
		Dez/2010	2,4	27,28
		Mar/2011	2,1,3,4,0,3	32 a 37
		Jun/2011	6,0,3	45,46,47
		Set/2011	3,3	52,53
Klebsiella	Jun/2008	2,0,0,4,3	8 a 12	
	Jun/2011	2,7,0,4,0,3,6,7,1,0	58 a 67	
Pseudomonas	Mai jun 2006	0,3	8,9	
	Jan/2008	4,0 e 0,4	26,27 e 29,30	
	Abr 2011	0,4	68,69	
Acinetobacter	Nov/2008	0,9,7	14,15,16	
	Nov/2009	5,0,2,8,6	28 a 32	
	Mar/2010	1,3,12,7	39 a 42	
	Jan 2011	6,7	59,60	
Staphylococcus Epidermidis	Jan/2008	3,4,10,4,2	26 a 30	
	Jun/2009	4,0,6,1	48 a 51	

**Tabela 4:** Pontos fora de controle superiores dos gráficos CUSUM

Bactéria	Período	Valores observados	Ordem das ocorrências
Staphylococcus aureus			
(1ª. Parte)	Nov/ 2005	122	6
	Nov/2006	139	14
	Ago/2007	105	24
	Mar/2009	91	49
2a. parte	Set/2009	70	6
	Fev/2010	57	10
	Set-dez/2010	46,48,40	24,25,26
Klebsiella	Mai/2008	69	4
	Abr/2009	126	21
	Ago/2010	73	40
	Out/2010	51	41
	Dez/2010	52	42
Pseudomonas	Ago/2005	165	2
	Dez/2005	129	3
	Dez/2006	127	13
	Out/2007	132	20
	Nov/2011	168	73
Acinetobacter	Jun/2008	77	5
	Fev/2009	76	17
	Ago/2009	146	23
	Set/2011	159	66
Staphylococcus Epidermidis	Set/2006	114	1
	Nov/2009	144	52
	Jul/2010	169	56
	Mar/2011	123	59
	Ago/2011	168	60
	Dez/2011	121	61