

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE ENGENHARIA-FAEN  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

MAYARA FERREIRA

APLICAÇÃO DE GRÁFICOS DE CONTROLE PARA MONITORAMENTO  
ESTATÍSTICO NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE  
CAARAPÓ-MS

DOURADOS-MS  
2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE ENGENHARIA–FAEN  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

MAYARA FERREIRA

APLICAÇÃO DE GRÁFICOS DE CONTROLE PARA MONITORAMENTO  
ESTATÍSTICO NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE  
CAARAPÓ-MS

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
como requisito parcial de Conclusão de Curso  
para obtenção do Grau de Bacharel e Engenharia  
de Produção, sob a orientação do Professor Mestre  
Rodolfo Benedito da Silva

DOURADOS-MS  
2016

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado saúde, força e coragem durante toda essa longa caminhada.

Aos meus pais, Ivo Benites e Marcelina Ferreira, pelo amor, incentivo e apoio incondicional. Aos meus irmãos, em especial o Everton Cesar ferreira Paurosi, que por mais difícil que fossem as circunstâncias, sempre estava pronto para me ajudar.

Ao meu orientador Rodolfo Benedito da Silva, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pela suas correções e incentivo.

Aos meus amigos, pelas alegrias, tristezas e dores compartilhadas. A presença de vocês em minha vida é essencial.

Agradeço a todos meus professores pela dedicação e por me proporcionar o conhecimento no processo de formação profissional. E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação.

## RESUMO

A água é um elemento natural de importância vital, por esse motivo o controle de qualidade se torna indispensável para medir a eficiência do sistema de tratamento e ajudar na tomada de decisões frente a problemas que podem afetar a qualidade da água fornecida para população. O controle estatístico do processo (CEP), possui ferramentas eficazes para fazer o monitoramento, pois, auxiliam na identificação de possíveis anomalias.

Este estudo surgiu da necessidade do monitoramento contínuo de alguns parâmetros da água fornecida no município de Caarapó. Que devem estar sob legislação do Ministério da Saúde, Portaria Nº 2.914/2011, que estabelece procedimentos de controle e de vigilância da água para consumo humano. Com auxílio de software estatístico do Excel o Action Stat foi desenvolvido os gráficos de controle para medidas individuais e amplitude móvel (X e RM) para fazer o monitoramento das amostras colhidas no período do ano de 2015. A análise das amostras detectou variabilidade em alguns períodos, onde alguns pontos ficaram fora dos limites controle, no entanto não saíram dos padrões estabelecidos pela legislação vigente.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Importância do CEP.....	21
Figura 2- Funcionamento das etapas do CEP.....	23
Figura 3- Gráfico de controle típico .....	26
Figura 4- Processo de captação, tratamento, reservatório e distribuição da água potável.....	31
Figura 5- Gráfico de valores individuais(x) e amplitude móvel (rm) para turbidez do ano de 2015.....	33
Figura 6- Gráfico de valores individuais e amplitude móvel (x e rm) para cloro residual livre (mg/l) do ano de 2015.....	35

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Limites de controle da turbidez.....	33
Tabela 2- Limites de controle do cloro residual livre (mg/l).....	34

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>09</b>
1.1 Definição do problema.....	10
1.2 Pergunta de pesquisa.....	10
1.3 Objetivos.....	11
1.3.1 Objetivo geral.....	11
1.3.2 Objetivos específicos.....	11
1.4 Justificativa.....	11
1.5 Estrutura da pesquisa.....	12
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>13</b>
2.1 O recurso natural a água.....	13
2.2 Disponibilidade hídrica do Brasil.....	13
2.3 Recursos hídricos no estado de Mato Grosso do Sul.....	13
2.4 Abastecimento da água.....	14
2.5 Tratamento da água potável.....	14
2.6 Parâmetros de qualidade da água.....	14
2.6.1 Cor.....	15
2.6.2 Turbidez.....	15
2.6.3 Temperatura.....	15
2.6.4 Cloro residual.....	15
2.6.5 Potencial hidrogeniônico(ph).....	15
2.6.6 Coliformes.....	16
2.7 Gestão da qualidade.....	16
2.8 Evolução da qualidade.....	16
2.9 Considerações importantes sobre qualidade.....	17
2.10 Garantia da qualidade.....	18
2.11 Garantia da qualidade dirigida pelo controle estatístico do processo.....	18
2.12 Controle estatístico do processo.....	19
2.13 Princípios fundamentais para programar e gerenciar o CEP.....	21
2.14 Etapa de implementação do CEP.....	22
2.15 Inspeção por amostragem.....	23
2.16 Planos de amostragem.....	24
2.17 Gráficos de controle.....	25
2.17.1 Cartas de controle para atributos.....	26
2.17.2 Cartas de controle para variáveis.....	27
2.18 Gráficos de valores individuais e amplitude móvel (x e mr).....	27
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>29</b>
3.2 Método para coleta de dados.....	29
<b>4. DESCRIÇÃO DA EMPRESA E DOS DADO ANALISADOS.....</b>	<b>31</b>
4.1 Resultados.....	32
4.1.1 Turbidez.....	32
4.1.2 Cloro residual livre (mg/l).....	34
4.2 Discussões.....	35
4.3. Sugestões de melhoria.....	36
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>38</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>30</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>41</b>

Anexo a- amostras de turbidez.....	42
Anexo b- amostras de cloro residual livre (mg/l).....	43



## 1. INTRODUÇÃO

Hoje em dia a competição no mercado está cada vez mais acirrada, e isso faz com que as empresas busquem melhoria no desempenho produtivo frente à concorrência, levando em consideração qualidade e custos.

O sucesso do gerenciamento de uma empresa requer sistema e disciplina para cumprir as metas, feitas para garantir a qualidade e bons resultados na organização. Portanto, o que garante a sobrevivência das empresas no mercado competitivo é atender as metas de produzir bens com alta qualidade a um custo competitivo.

Campos (2004) conceitua qualidade como um produto ou serviço que atende completamente, de maneira confiável, segura e no tempo certo as necessidades dos clientes. Para Deming (1992), a melhoria da qualidade aumenta consideravelmente a qualidade dos itens produzidos.

Em um processo de fabricação oferecer produtos de primeira qualidade não significa apenas um produto livre de defeitos após teste final, mas também se devem manter os rendimentos dos processos em condições elevadas para que se possa erradicar os defeitos e reparos.

Embora não estejam sujeitas à concorrências, companhias de distribuição de água vê a necessidade de adaptação de seus produtos buscando soluções para melhorar o tratamento da qualidade da água potável. No entanto, a qualidade dos seus serviços é regulamentada pela portaria N° 2.914/2011 do Ministério da Saúde, onde as especificações relatadas nesse documento devem ser inteiramente satisfeitas.

Contudo, a qualidade é difícil de ser medida, havendo assim a necessidade de criar métodos que possibilitem analisar as variáveis que estão envolvidas no processo. Entre os métodos de análise, estão o Controle Estatístico do Processo (CEP) e Controle Estatístico da Qualidade (CEQ), que é de grande importância para garantir a qualidade dos produtos. Para Montgomery (2004) essas metodologias utilizam técnicas de monitoramento, controle e melhoria de processos, utilizando de análises estatísticas, que tem como meta analisar, identificar e abolir as causas de variações e outras condições irregulares, fazendo com que o processo fique sob controle estatístico.

Em sua última versão as normas ISO 9000 (2008), incorpora o CEP ao controle de qualidade, fazendo com que as empresas certificadas ou em processo de certificação, implementem o controle estatístico em seu processo produtivo. O CEP é definido como uma ferramenta de monitoramento da qualidade. Através da inspeção por amostragem de

características pré-determinadas do produto analisado, o mesmo permite a detecção de causas especiais, anômalas ao processo, que possam prejudicar a qualidade final do produto. Tem como objetivo aperfeiçoar e controlar o processo produtivo através da identificação das variabilidades do processo, utilizando de ferramentas como gráfico de controle que permite identificar se o processo está sob controle ou não, ou seja, o gráfico de controle trabalha como um detector de anormalidades estatísticas que poderiam acarretar em produtos defeituosos (DINIZ, 2012). Ainda que o CEP pareça apenas um conjunto de ferramentas com base em estatística que permite resolver problemas, para que o mesmo seja utilizado com êxito, é importante que haja algo mais do que ter prática no uso dessas ferramentas. É preciso que exista um envolvimento gerencial e um compromisso com processo de melhoria da qualidade que é de grande importância para sucesso do CEP (MONTGOMERY, 2004).

O pensamento estatístico e o conhecimento de variações fazem parte do planejamento de melhoria, para isso os gráficos de controle são de suma importância, pois, são ferramentas importantes para melhoria do processo, como forma de monitorar as variações que ocorrem nas características de um produto ou serviço. Como os processos não funcionam sempre em um estado sob controle, o uso de gráficos de controle deve ocorrer em um programa de qualidade visando eliminar as causas anormais, reduzir a variabilidade do processo (COSTA; PPRECHT; CAPINETTI, 2010).

Dentre as formas mais confiáveis e garantidas de se controlar a manufatura de itens com qualidade aceitável, sem dúvida o Controle Estatístico do Processo é uma das mais aplicadas.

## 1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

O problema tratado no presente trabalho diz respeito à elaboração e controle baseado em uma metodologia simplificada de aplicação do CEP de amostragem por variáveis na companhia de saneamento do Mato Grosso do Sul, na cidade de Caarapó-MS, para diagnosticar os principais problemas encontrados, buscando contribuir para melhoria da qualidade da água potável no processo de tratamento voltada ao consumo da população.

## 1.2 PERGUNTA DE PESQUISA

O processo estudado está sob controle estatístico?

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo geral

O objetivo do presente trabalho é realizar a aplicação de gráficos de controle baseados na amostragem por variáveis em uma empresa de saneamento básico no município de Caarapó-MS, para garantir a qualidade da água potável.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Pesquisar a qualidade da água distribuída pela empresa de saneamento de Caarapó -MS;
- Realizar a coleta de dados necessários para a execução do estudo;
- Realizar a aplicação do CEP baseado em técnicas de amostragem por variáveis;
- Aplicar o gráfico de controle X e MR (valores individuais e amplitude móvel), afim monitorar a turbidez da água potável e cloro residual presente nas amostras.

## 1.4 JUSTIFICATIVA

Os serviços públicos de abastecimento devem fornecer sempre água de boa qualidade. As análises dos exames das águas obtidas em seus mananciais, com a frequência desejável, revelarão a necessidade ou a dispensabilidade de qualquer processo corretivo (RICHTER e NETTO, 2007).

A necessidade de tratamento e os processos exigidos deverão ser determinados com base em inspeções sanitárias e nos resultados representativos de exames e análises cobrindo um período determinado de tempo. A qualidade da água varia com o tempo, exigindo para o seu controle a realização de análises em diferentes épocas do ano, e só sua repetição poderá reduzir o efeito da variação dos resultados.

As companhias de abastecimento de água precisam oferecer um produto qualidade, adequado ao uso. Diante desses conceitos relacionados à água e seus diversos usos, levaram as definições dos padrões de qualidade da água. Sendo assim, a qualidade da água pode ser avaliada através desses padrões como regulamentada. Por esse motivo se torna necessário fazer controle do processo produtivo. As empresas precisam fazer uso de instrumentos que apoiem uma produção ágil com qualidade aceitável de modo que satisfaça as necessidades dos

consumidores. Com isso a aplicação de métodos estatísticos tem aumentado rapidamente, devido a sua facilidade de aplicação. O Controle estatístico do processo (CEP) oferece os melhores resultados, pois faz uso de métodos estatísticos em todas as etapas do processo produtivo por meio de monitoração contínua da qualidade dos produtos, facilitando a identificação de variáveis fora de controle (RAMOS, 2012).

Os gráficos de controle é uma importante ferramenta do CEP para consolidação dos processos industriais e também para os serviços e processos administrativos. O comportamento de uma ação pode ser avaliado e aperfeiçoado pela monitoração feita através dos gráficos de controle (MONTGOMERY, 2004).

## 1.5 ESTRUTURA DA PESQUISA

O presente trabalho de conclusão de curso está estruturado em cinco capítulos:

Capítulo 1- Neste capítulo é apresentada a introdução ao conteúdo, apresentando a problemática a ser tratada, justificativa e identificando quais os objetivos gerais e específicos que se pretende alcançar com a pesquisa.

Capítulo 2 – É constituído pela base teórica do trabalho, feita através de uma revisão bibliográfica sobre a importância da água potável para consumo e os parâmetros de qualidade adotados. Foi feito também um levantamento dos autores mais importantes da Qualidade, uma introdução dos tópicos relevantes ao trabalho, como o CEP e a importância da qualidade e os principais métodos usados para fazer o controle da mesma. Além disso, são abordadas as técnicas amostragem por variáveis, gráficos de controles, dando ênfase ao gráfico de controle para valores individuais e amplitude móvel ( $\bar{X}$  e  $RM$ ) e a sua importância para controle da qualidade da água.

Capítulo 3 – Neste capítulo, são apresentados os procedimentos metodológicos utilizados no trabalho, fazendo uma classificação da pesquisa e as etapas necessárias para a execução do estudo.

Capítulo 4- Aqui são apresentados dados obtidos através de um estudo de compõem uma companhia de saneamento básico, seu breve histórico e suas características. Em seguida, serão abordados métodos de controle de qualidade e discussão de resultados.

Capítulo 5- Por fim, concluem-se os aspectos a serem melhorados na empresa escolhida e a importância do controle estatístico do processo CEP para que a qualidade fosse garantida nos processos.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 O RECURSO NATURAL ÁGUA**

A água, é essencial ao surgimento e manutenção da vida em nosso planeta, e um recurso natural utilizado para diversos fins, desde o abastecimento doméstico ou agrícola das áreas industriais e urbanas, entre outros usos (ANA, 2012).

Conforme relata a Agência Nacional das Águas (2012), do total de água existente na natureza, estima-se que apenas 5% se constitui no que se entende por água doce, enquanto que 95% são águas salgadas. A maior parte da água da natureza está sob a forma de gelo, com predominância da água subterrânea. Ainda segundo os autores, embora nosso planeta possua três quartos de sua superfície coberta por água, apenas 0,3% da água do planeta pode ser aproveitada diretamente para consumo (RICHTER e NETTO, 2007).

### **2.2 DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO BRASIL**

O Brasil possui uma vasta e densa rede hidrográfica, sendo que muitos de seus rios destacam-se pela extensão, largura e profundidade. Em decorrência da natureza do relevo, predominam os rios de planalto que apresentam características, que lhes conferem um alto potencial para a geração de energia elétrica. Dentre os grandes rios nacionais, apenas o Amazonas e o Paraguai são predominantes de planície e largamente utilizados para navegação. Os rios São Francisco e Paraná são os principais rios de planalto. (GIATTI, 2009).

### **2.3 RECURSOS HÍDRICOS NO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL**

O Estado de Mato Grosso do Sul é privilegiado em relação aos recursos hídricos estando inserido nas regiões hidrográficas do rio Paraná e do rio Paraguai, conforme relata a Agência nacional das águas (ANA, 2012).

O território sul-mato-grossense tem área total de 357.145,836 Km<sup>2</sup>, com população total estimada de 2.449.341 habitantes (IBGE, 2016). A capital de Mato Grosso do Sul, Campo Grande pertence à Região Hidrográfica do Paraná que segundo o instituto de meio ambiente do Mato Grosso do Sul (IMASUL), tem em torno de 60% de seu abastecimento oriundo de mananciais superficiais, apesar da região hidrográfica do Paraná prevalecer à retirada de águas subterrâneas. No Sistema Aquífero, poços perfurados são a fonte para o

abastecimento público de cidades importantes do Estado, que dispõe de oito unidades aquíferas, evidenciando o Aquífero Guarani que se estende pelo Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina (IMASUL, 2016).

## 2.4 ABASTECIMENTO DA ÁGUA

Como relata Giatti (2009), os sistemas de abastecimento da água para consumo humano são constituídos de instalações e equipamentos destinados a fornecer água potável à comunidade. As características físicas, organolépticas, químicas, bacteriológicas e radioativas são consideradas como um conjunto de valores máximos permissíveis para qualidade da água destinada ao consumo humano de acordo com a portaria Nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

A coleta é feita diretamente de rios, represas e fontes naturais. As formas de abastecimento são feitas através de cisternas, poços, caixa d' água e mananciais (GIATTI, 2009). No município de Caarapó-MS, a água é proveniente de poços. Os poços podem ser classificados em rasos, profundos, freáticos e artesianos (SANESUL, 2016).

## 2.5 TRATAMENTO DA ÁGUA POTÁVEL

No tratamento de água podem ser utilizados processos simplificados ou sistemas mais complexos. Segundo Giatti (2009), o sistema de abastecimento público de água é definido como parte física do serviço, compreende as seguintes unidades: captação, adução, recalque, tratamento, reservação e distribuição. É nesse sistema que realiza o tratamento da água para adequá-la aos padrões de potabilidade do ministério da saúde. Os principais tratamentos são feitos por desinfecção, filtração e fluoretação.

## 2.6 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água é determinada por sua composição química, física e bacteriológica. As características almejavéis da água dependem da sua utilização. A água para consumo humano, no entanto, precisa ser pura e saudável, ou seja, livre de cor, gosto e odor, e de quaisquer substâncias capazes de provocar efeitos prejudiciais (RICHTER e NETTO, 2007).

Conforme relata Richter e Netto (2007) existem um conjunto de parâmetros determinados por uma série de análises físicas, químicas e biológicas que avaliam a qualidade de uma determinada água. Esses parâmetros são apresentados a seguir.

### **2.6.1 Cor**

A água pura é ausente de cor. A presença de substâncias dissolvidas altera a cor da água, sendo que elas podem ser de origem mineral ou vegetal.

### **2.6.2 Turbidez**

A turbidez causada principalmente pelas partículas sólida em suspensão, que diminuem a claridade e reduzem a transmissão de luz no meio. A turbidez pode ser causada por uma variedade de materiais: partículas de argila ou lodo, descarga de esgoto doméstico ou industrial ou devido à presença de um grande número de microorganismos.

### **2.6.3 Temperatura**

A temperatura da água possui grande importância pois, através dela outras propriedades são afetadas: acelera reações químicas, reduz solubilidade dos gases, acentua a sensação de sabor e odor.

### **2.6.4 Cloro residual**

É um composto utilizado no processo de desinfecção da água. Ele provoca a destruição ou desativação dos microorganismos existentes na água.

### **2.6.5 Potencial hidrogeniônico (pH)**

O potencial hidrogeniônico é utilizado para expressar a intensidade de uma condição ácida ou alcalina de uma solução. Mede a concentração de íon heterogêneo ou sua atividade, sendo de suma importância em cada fase do tratamento, sendo mencionada com frequência na coagulação, floculação, desinfecção e no controle de corrosão.

### 2.2.6 Coliformes

A presença de coliformes na água se dá principalmente pela contaminação por esgotos domésticos. No entanto, nem toda água que possuem coliformes é contaminada. Contudo, a presença de coliformes termotolerantes indica a possibilidade da existência de bactérias na água que podem transmitir doenças.

## 2.7 GESTÃO DA QUALIDADE

A Gestão da qualidade é definida como atividades coordenadas para dirigir e controlar uma organização com base na qualidade, ou seja, gerenciar pela sobrevivência em uma competição acirrada, procurando manter o controle sobre o planejamento de todo processo produtivo da empresa (CARPINTTI, 2012).

## 2.8 EVOLUÇÃO DA QUALIDADE

Garvin (2002), relata que a qualidade passou por algumas fases chamadas de quatro eras da qualidade, sendo elas:

### **1ª Era - Inspeção**

Até o começo do século XIX, o controle da qualidade esteve limitado à inspeção feita pelo próprio operador que era responsável pelo produto e a qualidade final. Uma inspeção mais formal tornou-se necessária com a revolução industrial e o crescimento da produção, onde se formalizou pela teoria de Taylor (Gerenciamento Científico) conhecida também com função do inspetor.(GARVIN, 2012).

### **2ª Era - Controle Estatístico da Qualidade**

Garvin (2002), descreve que perante a acelerada mudança tecnológica industrial entre os anos 1930 e 1950, se firmava o Controle Estatístico da Qualidade, inserido pelo matemático Walter A. Shewart na *Bell Telephone Laboratories* em 1924. Shewart também foi o criador do ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) em seguida lançado por Edwards Deming.



Os percussores da qualidade era formado por Walter A. Shewhart fundador da carta de Controle, sendo o mesmo aluno do professor Clarence Irwin Lewis criador da teoria pragmática do conhecimento, Edwards G. Deming, Harold Dodge, Harry romig e Joseph Juran que se empenharam em pesquisas que induziram o surgimento do Controle Estatístico do Processo (GARVIN, 2012).

### **3ª Era- Garantia da Qualidade**

Devido às dificuldades em se atender as especificações de programas militares, a garantia da qualidade passou a ser de grande relevância nas organizações em busca do desaparecimento de defeitos, o que incentivou a importância das estratégias de qualidade.

Por volta de 1950 e 1960 uma importante ferramenta de prevenção foi criada pro Maslow, Herzberg e Mc Gregor abrangendo conceitos, habilidade e técnicas gerenciais.

Os movimentos mais importantes que fazem parte desta era são definidos como controle da qualidade total (TQC), quantificação dos custos da qualidade, programas de zero defeito de Crosby e as técnicas de confiabilidade (CARPINETI, 2012).

### **4ª Era- Gestão da Qualidade Total ou a gestão estratégica da qualidade**

No fim da década de 1970 os produtos japoneses invadiram o mercado americano dando início a era de gestão da qualidade total que está em andamento até hoje, onde dispõe do ponto de vista da moderna gestão estratégica de (PALADINI, 2009).

Os conceitos de qualidade atualmente visam a organização como um todo, ordenando que os responsáveis cumpram uma liderança ativa, permitindo que a origem e os rumos dos processos sejam entendidos de forma clara.

## **2.9 CONSIDERAÇÕES IMPORTANTES SOBRE A QUALIDADE**

O conceito de qualidade é visto de várias formas dependendo de quem as observa. Dentro de uma organização, por exemplo, ela pode ter diferentes significados para cada um dos setores da empresa (CARPINETTI, 2012).

Segundo a norma NBR ISO 9000:2008, o conceito de qualidade é o nível no qual um conjunto de características essenciais atende uma necessidade ou expectativa, que normalmente é feita de maneira implícita ou explícita (ABNT, 2008).

Alguns pensadores ficaram conhecidos como os “*Gurus da qualidade*” por causa da suas contribuições para evolução e melhoria dos processos que compreendem a gestão da qualidade. Sendo eles: Philip B. Crosby, Armand V. Feigenbaum, William Edwards Deming, Josep M. Juran (GARVIN, 2012).

## 2.10 GARANTIA DA QUALIDADE (GQ)

Para Campos (2004), a sobrevivência de uma empresa depende muito de seus clientes. Por essa razão, toda a organização deve estar rodeada de qualidade, seja na produção, logística ou em qualquer outro processo, e uma busca contínua de satisfação dos clientes, mas também de todo o núcleo envolvido tais como: funcionários, acionistas, comunidade, enfim, todos os envolvidos direta e indiretamente com a corporação.

Para assegurar uma administração da qualidade, deve-se conhecer o empenho de toda organização com base em seus conceitos fundamentais, a fim de obter qualidade reforçada que englobe o planejamento estratégico da empresa. Campos (2004), relata algumas atividades que são essenciais para garantia da qualidade, são elas:

- Estabelecer metas de qualidade para atender às necessidades dos clientes;
- Garantir a segurança dos usuários do produto;
- Engajar a participação de todos os empregados;
- Garantir o ciclo de vida do produto/serviço.

Toda empresa tem comprometimento em garantir a qualidade com a finalidade de confirmar que todas as atividades produtivas estejam sendo desempenhadas conforme as especificações.

## 2.11 GARANTIA DA QUALIDADE DIRIGIDA PELO CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO (CEP)

Quando a garantia da qualidade é deslocada para o controle estatístico do processo, é importante ressaltar que todos na empresa devem estar contribuindo para confirmar a

qualidade em cada ponto, além de todos os setores, como compras, engenharia, manutenção, entre outros (PALADINI, 2009).

No entanto, somente a GQ pelo controle estatístico do processo não garante qualidade ao cliente, pois se pode ter um processo perfeito, sem falhas e não conformidades, porém que não atendam às necessidades dos clientes.

## 2.12 CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO (CEP)

O controle da qualidade sempre foi parte importante no processo de gerenciamento das organizações, tanto pelo empenho para instituir um modelo apropriado para gestão da qualidade introduzida em ambientes competitivos, quanto pelo empenho para criar estratégias que facilitem o processo de controle (PALADINI, 2009).

O Controle Estatístico do Processo é uma das divisões do controle da qualidade, e parte complementar da avaliação da qualidade.

O CEP é um conjunto de técnicas baseados em dados estatísticos que visam controlar as causas das variabilidades do processo ou dos defeitos sempre que possível a fim de melhorar a qualidade poupando tempo e dinheiro (RAMOS, 2012).

As variações nas características dos produtos é um fator que influencia diretamente na qualidade. Sendo assim, o principal objetivo do CEP é reduzir drasticamente essas inconformidades (DINIZ, 2012).

Para que se possa desempenhar o controle de um processo que leva ao produto final, se faz necessário o total entendimento do seu processo. Com isso o CEP deu alicerce para definir o comportamento do processo como bom ou aceitável. Deste modo, os problemas podem ser identificados e eliminados para que se continue a produzir com qualidade aceitável. O CEP pode ser dividido em dois métodos como relatado por Costa; Epprecht e Carpinetti (2010), sendo eles:

**Controle Estatístico do Processo:** incide durante o processo produtivo e tem como finalidade manter a qualidade do produto, atendendo as especificações. Tem como ferramenta principal os gráficos de controle que tem como meta monitorar a qualidade.

**Controle de inspeção:** é tomado em comum acordo entre consumidor e o produtor de forma que as duas partes saibam suas implicações. A principal ferramenta para inspeção da qualidade são os planos de inspeção por amostragem, que objetivam proporcionar uma série de ações para a aceitação ou não dos lotes.

Os dois tipos de inspeção citados acima podem ser efetuados por atributos ou variáveis. No primeiro caso, por atributo, o produto é facilmente classificado como possuindo certo atributo qualitativo ou não. Porém, e forem efetuados por variáveis o controle do produto e feito por mensurações em escala contínua de características de qualidade, como comprimento, resistência, dentre outros (RAMOS, 2012).

O desenvolvimento do CEP foi a principal contribuição de Walter Shewhart tanto para a Estatística quanto para a indústria. O Dr. Walter A. Shewhart, do *Bell Telephone Laboratories*, foi o primeiro a formalizar a distinção entre variação controlada e não controlada, que são chamadas causas comuns e causas especiais. Para poder distinguir essa duas causas, ele criou uma importante ferramenta conhecida como “carta de controle” (MONTGOMERY, 2004).

Segundo Diniz (2012), (CEP) é definido como um conjunto de técnicas estatísticas que visa monitorar o comportamento do processo de fabricação e realizar ações corretivas a fim de manter o mesmo dentro de padrões pré-estabelecidos qualidade, tendo como finalidade melhorar a qualidade dos produtos evitando a manufatura de bens não conformes para satisfazer o consumidor.

A aplicação correta do CEP faz com que a produtividade aumente, pois com a identificação e eliminação das variáveis que afetam o processo tendem a reduzir os custos, evitando que ocorram desperdícios, retrabalho e grandes inspeções (RAMOS, 2012).

O objetivo do CEP é monitorar o desempenho de processos ao longo do tempo, detectando eventos que possam influenciar nas características decisivas na qualidade final do produto (MONTGOMERY, 2004).

O CEP permite que o comportamento do processo seja feito passo a passo, facilitando a identificação de anomalias através da coleta contínua de dados, análise e bloqueios dessas causas que são responsáveis pela instabilidade do processo (RAMOS, 2012). Essas causas de variações podem ser classificadas em dois grupos:

**Causas comuns:** é uma fonte de variação que afeta todos os valores individuais de um processo sem que nenhum interfira no outro (ROTONDARO, 2002).

**Causas especiais:** é uma fonte de variação grande que afeta todo o processo, impossibilitando a obtenção de um padrão ou distribuição de probabilidade (ROTONDARO, 2002).

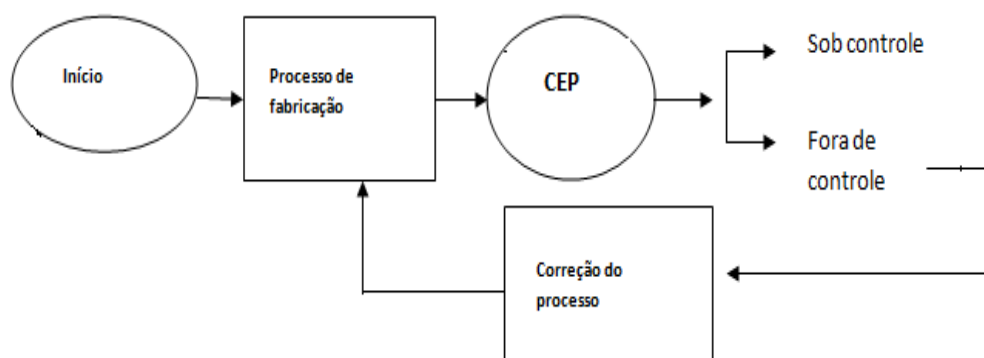
### 2.13 PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS PARA PROGRAMAR E GERENCIAR O CEP

Segundo Montgomery (2004), alguns princípios básicos são essenciais para implementação e gerenciamento do CEP, sendo eles:

- Tomar decisões baseado em fatos;
- Saber reconhecer e administrar as variabilidades presentes na produção;
- Fazer o uso do raciocínio e prioridade (Pareto);
- Buscar conhecer as causas fundamentais dos problemas, separando a causa do efeito;
- Girar continuamente e sistematicamente o ciclo de controle, para alcançar a melhoria do desempenho;
- Identificar e corrigir a tempo os locais que possam haver disfunções;
- Ensinar, treinar e organizar a mão de obra com objetivo de manter uma administração participativa e de autocontrole.

Esses princípios e técnicas devem ser compreendidos e aplicados por todos que compõe a organização e não só pelos técnicos e engenheiros da área da qualidade, pois todo o processo funciona com um ciclo de melhoria contínua onde todos devem estar envolvidos na garantia da qualidade. O progresso de um processo é alcançado por meio da capacidade em atender as exigências dos clientes (MONTGOMERY, 2004).

A figura 1 mostra como o controle estatístico do processo garante a conformidade dos itens, quando usado de forma eficaz.



I

Figura 1: Importância do CEP  
Fonte: Adaptada de Diniz (2012)

Como se pode observar na Figura 1, no início do processo de fabricação é aplicado o CEP com intuito de descobrir se o processo está sob controle. Se não estiver, é feita a correção com as ferramentas necessárias e os itens são avaliados novamente na etapa anterior.

## 2.14 ETAPAS DE IMPLANTAÇÃO DO CEP

Para Paladini (2009), a implantação do CEP segue cinco etapas básicas, conforme apresentado a seguir:

1. Definição do Projeto: nesta fase, destacam-se definições de escopo que deve conter o escopo do projeto, objetivo e resultados esperados a partir da implementação do CEP, custos e cronograma de implantação. Além disso, deve-se determinar a equipe integrante do projeto e o lançamento do programa por meio de palestras.
2. Planejamento da Implantação de CEP: nesta fase, a participação de todos os envolvidos com alinha de montagem de produção é de grande importância, eles devem se sentir responsáveis e comprometidos com a implantação do sistema.
3. Treinamento: o treinamento de todos os envolvidos na implantação do CEP deve ser feito antes da sua aplicação efetiva, para que todos tenham habilidade em interpretar e desenvolver o projeto através dos dados obtidos. Para esse treinamento é necessário ter carga horária suficiente para capacitar os funcionários a desenvolver as etapas do CEP.
4. Implantação Efetiva: será definida a data de início da coleta de dados e a equipe de trabalho que se responsabilizará em aplicar o CEP. Nessa etapa, é feita a padronização das tarefas identificando e separando as tarefas operacionais das críticas, devendo as críticas serem difundidas e melhoradas através do treinamento dos operadores.
5. Acompanhamento e consolidação: é feita uma avaliação dos métodos aplicados para que seja possível aperfeiçoar o controle estatístico do processo. Isso implica em adotar procedimentos que facilitam a identificação e eliminação de variações que venham desestabilizar os processos, visando otimização do mesmo através de melhoria da qualidade.

A Figura 2 apresenta as etapas do funcionamento do CEP.

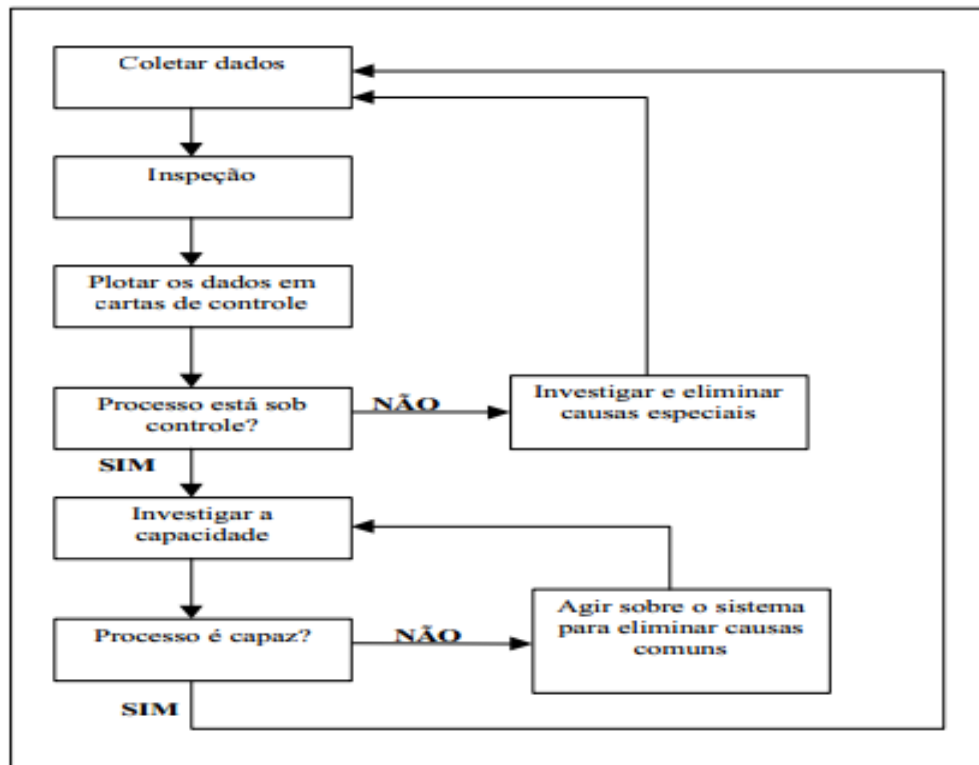


Figura 2- Funcionamento das etapas do CEP  
 Fonte: adaptado de Diniz (2012)

A partir da Figura 2, pode-se verificar que após coletar os dados necessários é realizada a inspeção, onde as informações vão ser apresentadas em cartas de controle. Em seguida, verifica-se o processo está sob controle. Caso não esteja, volta para primeira etapa. Se estiver sob controle, é feita uma análise da capacidade do mesmo, sendo que se não for capaz é preciso corrigir eliminando as causas comuns (DINIZ, 2012).

## 2.15 INSPEÇÃO POR AMOSTRAGEM

A estatística é a teoria envolvida com coleta, classificação, interpretação e apresentação de dados numéricos. Ela se ocupa em analisar dados quantitativos das amostras de observações e obter conclusões a partir desses dados a fim de aceitar ou rejeitar as relações entre as variáveis (DINIZ, 2012).

Por mais cautelosos que sejam o planejamento e a monitoração dos processos de produção ainda existem variabilidades, por isso é fundamental que a qualidade da produção seja assegurada (PALADINI, 2009).

A definição de inspeção para norma ABNT NBR5425: 1985 é “Processo de medir, ensaiar ou examinar a unidade de produtos, no sentido de verificar se suas características

estão de acordo com as especificações. Esse processo visa separar unidades não aceitáveis das aceitáveis; avaliar o grau de não conformidade com os requisitos estabelecidos; relatar as deficiências para os responsáveis; assegurar que os requisitos de qualidade foram atendidos”.

Como relata Paladini (2009), na inspeção por amostragem os elementos são escolhidos aleatoriamente do lote para compor a amostra. Ainda segundo o autor, quando a inspeção tem como objetivo aceitar ou rejeitar um lote de produtos de acordo com padrão estabelecido, é chamada de amostragem de aceitação. Operações como inspeção e amostragem não acrescentam valor ao produto e são realizadas apenas para examinar se os produtos e processos atendem as especificações.

O principal objetivo da amostragem por aceitação é efetuar determinada mensuração sobre uma pequena parte, mas representativa, de determinada "população" e utilizar essa informação para fazer uma dedução sobre toda a população, ou seja, é uma busca de procedimentos que permitam estabelecer conclusões a respeito de característica quantitativas ou qualitativas mediante a análise de uma pequena parte de um conjunto (PALADINI, 2009).

A amostragem é preferível em relação a um estudo completo da população, por fatores como, custo, tempo, populações infinitas entre outros (MONTGOMERY, 2004).

## 2.16 PLANOS DE AMOSTRAGEM

A construção e a avaliação de planos de amostragem abrangem padrões com consistentes bases estatísticas. Essa fundamentação tem como principal objetivo estruturar em si os modelos de inspeção por amostragem, determinar segurança, confiabilidade dos vários tipos de amostragem, a fim de avaliar se a mesma é uma alternativa eficaz para inspeção completa, pois, é uma inspeção que envolve elevados custos, além de ser inviável em muitas circunstâncias (MONTGOMERY, 2004).

Para determinar perfeitamente os dados que compõe os planos de amostragem, é necessário separar a avaliação por variáveis da avaliação por atributos (PALADINI, 2009).

Existem normas específicas para a realização de planos de amostragem, como ABNT NBR5426: 1985 – inspeção por atributos e ABNT NBR5429: 1985 – inspeção por variáveis.

**Variáveis:** é aquela no qual uma característica de qualidade em uma unidade do produto possui características mensuráveis, tais como: quilograma, metros, metros por segundo, etc. O resultado de cada medição é registrado (ABNT NBR 5429:1985).



**Atributos:** é uma avaliação qualitativa, onde se de conta o número de defeitos, classificando assim a amostra como defeituosa ou não em relação ao padrão adotado (ABNT NBR5426: 1985).

A única desvantagem da inspeção por amostragem é a possibilidade de ocorrer erros de amostragem. Quando se escolhe uma amostra de um lote contendo apenas uma pequena porcentagem de peças defeituosas, pode ocorrer de serem selecionadas desse lote apenas as peças não conformes. Também pode ocorrer a escolha de um lote de baixo nível, onde as amostras colhidas fossem somente as peças não defeituosas (PALADINI, 2009).

## 2.17 GRÁFICOS DE CONTROLE

Como relata Montgomery (2004), as cartas de controle são empregados para fazer o monitoramento do desempenho de um processo de medição. Estes gráficos determinam estatisticamente uma faixa denominada limites de controle, que é limitada por uma linha superior (Limite Superior de Controle- LSC) e uma linha inferior (Limite Inferior de Controle- LIC) além uma linha central (Limite Central-LC). Estes limites são calculados da seguinte forma:

$$LSC = \mu_w + L\sigma_w \quad (1)$$

$$LM = \mu_w \quad (2)$$

$$LIC = \mu_w - L\sigma_w \quad (3)$$

Onde:  $\mu_w$  é a variável estatística de interesse;  $\mu_w$  e  $\sigma_w$  são média e desvio-padrão, respectivamente, na hipótese de o processo estar em controle; e L é a distância dos limites de controle em relação à linha média, expressa em unidades de desvios-padrão  $\sigma_w$ .

Quando os valores de  $\mu_w$  e  $\sigma_w$  forem desconhecidos, esses valores deverão ser estimados a partir de amostras preliminares do processo, num período de tempo em que se acredite que ele está em controle (MONTGOMERY, 2004).

A Figura 3 exemplifica um gráfico de controle e seus limites.



Figura 3 – Gráfico de controle típico

Fonte: Montgomery (2008)

Segundo Montgomery (2004), os limites de controle são valores que determinam a região na qual a variação é considerada como de origem aleatória. Eles são definidos “por critérios estatísticos e não são arbitrários nem são relativos a limites de especificação”. Se os pontos amostrais apresentarem um padrão de comportamento essencialmente aleatório e caírem dentro do limite de controle, o processo é dito sob controle ou livre de causas especiais. Caso contrário, o processo é dito fora de controle e, então, uma ação corretiva deve ser implementada para encontrar e eliminar as causas especiais de variabilidade (MONTGOMERY, 2004).

### 2.17.1 Cartas de controle para atributos

Quando as características não podem ser representadas numericamente, classifica-se cada item de ensaio ou amostra com um atributo que pode ser conforme ou não-conforme, presença ou ausência, positivo ou negativo. As não conformidades presentes também são consideradas atributo por isso fala-se em controle por atributos (COSTA; PPRECHT; CAPINETTI, 2010).

Há quatro cartas de controle para atributos, sendo elas:

1. Cartas  $p$  (para controlar a proporção de unidades não conformes);
2. Cartas  $np$  (para controlar o número de unidades não conformes);
3. Cartas  $c$  (para controlar o número de não conformidades por unidade);
4. Cartas  $u$  (para controlar a taxa de não conformidades por unidade).

### 2.17.2 Cartas de controle para variáveis

Toda característica que é medida em uma escala numérica é chamada variável. Alguns exemplos de variáveis são: medidas de pH, concentração, acidez titulável, teor de gordura, temperatura, massa, volume, contagem de fungos, bactérias, entre outros (MONTGOMERY, 2008). Os gráficos de controle utilizados para monitorar variáveis são:

1. Gráficos de controle X e R (média e amplitude);
2. Gráficos de controle X e S (média e desvio padrão);
3. Gráficos de controle X e MR (valores individuais e amplitude móvel);
4. Gráfico de controle CUSUM (soma cumulativa);
5. Gráficos de controle de EWMA.

Os gráficos de controle X e R são aplicados quando a coleta de múltiplos dados sob as mesmas condições e num pequeno período de tempo é possível. No entanto, os gráficos X e S são preferidos quando o tamanho da amostra é moderadamente grande ( $n > 10$ ) ou o tamanho da amostra é variável (MONTGOMERY, 2004).

Os gráficos de controle X e MR (amplitude móvel) são utilizados “quando o período de tempo entre a coleta dos dados é grande, ou quando existe a necessidade de investigar dado a dado” (MONTGOMERY, 2004).

O gráfico de controle de soma cumulativa (CUSUM) tem sido estudado por diversos autores como complemento aos gráficos de controle de Shewhart para a detecção de pequenas variações no processo (COSTA; EPPRECHT; CAPINETTI, 2010).

Há outro tipo de gráfico conhecidos por EWMA (média móvel exponencialmente ponderada), que detectam pequenas mudanças de deslocamento da média e do processo, atribuindo maior peso na observação mais recente ou na média do subgrupo, apesar de ser tipicamente usado com observações individuais, e então diminui gradualmente o peso para observações mais antigas (DINIZ, 2012).

### 2.18 GRÁFICO DE VALORES INDIVIDUAIS E AMPLITUDE MOVEL (X e MR)

Estes gráficos de controle serão apresentados mais detalhadamente nesta seção, pelo fato que eles serão utilizados neste estudo. Os gráficos X e MR são empregados para amostras de tamanho  $n=1$ . Isso acontece quando estão disponíveis apenas valores individuais. Para

fazer o gráfico de controle nesses casos, estima-se a variabilidade através da amplitude móvel MR de duas observações sucessivas (RAMOS, 2012). O cálculo do LSC, LC e LIC do gráfico de controle para valores individuais é representado pelas equações a seguir:

Para o gráfico X as equações são:

$$LSC = \bar{X} + E_2 \overline{MR} \quad (4)$$

$$LC = \bar{X} \quad (5)$$

$$LIC = \bar{X} - E_2 \overline{MR} \quad (6)$$

Já para o gráfico MR as equações são:

$$LSC = D_4 \overline{MR} \quad (7)$$

$$LC = \overline{MR} \quad (8)$$

$$LIC = D_3 \overline{MR} \quad (9)$$

Onde x são valores individuais e  $\overline{MR}$  amplitude móvel. Os valores dos fatores de para calculo do limite de controle  $E_2$  e  $D_4$  para o gráfico (X e RM), são 2,660 e 3,267 respectivamente. (MONTGOMERY, 2004).

### 3. METODOLOGIA

Esta pesquisa é classificada como uma aplicada. De acordo com Gil (2008), seu objetivo é gerar produtos, processos e conhecimentos contribuindo para melhoria da qualidade direcionada à solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesses locais.

Quanto à abordagem, pode ser classificada como quantitativa, pois o mesmo tem por objetivo apresentar dados numéricos através pesquisa baseada em técnicas estatísticas (PRODANOV, 2006).

Quanto aos objetivos, a pesquisa é classificada como exploratória. A pesquisa exploratória, segundo Gil (2008), tem o objetivo desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e idéias, apresentando a formulação de problemas mais precisos para estudos posteriores. Ainda segundo autor, estes tipos de pesquisas são planejadas com a finalidade de proporcionar visão ampla e próxima acerca de determinado evento.

Por fim, quanto aos procedimentos, é classificada como um estudo de caso. Segundo Yin (2005), o estudo de caso é o tipo de pesquisa descritiva onde o investigador não pretende intervir sobre a situação e sim fazer um relato de como ela funciona, através dos dados obtidos na empresa. Também pode ser classificado como pesquisa de campo onde serão visualizados os principais problemas no processo de controle da qualidade, a fim de buscar uma solução adequada para que o objetivo do presente trabalho fosse alcançado.

#### 3.1 MÉTODO PARA COLETA DE DADOS

As coletas de dados foram realizadas nos primeiros meses de 2016, através de visita técnica a unidade, que disponibilizou planilhas eletrônicas com dados das amostras coletadas no ano de 2015. Utilizou-se para coleta de dados observações das amostras e entrevistas informais com técnico responsável pela unidade.

O estudo foi desenvolvido baseado em possíveis alterações na qualidade da água, levando em considerações dados da turbidez da água potável e quantidade de cloro residual livre presentes nas amostras.

As técnicas de entrevistas informais e observações foram empregadas a fim de se obter todos os dados que serão usados para análise. Depois de obtidos os dados necessários, foi feita a aplicação técnicas estatísticas de controle estatístico do processo (CEP), através dos gráficos de controle para medidas individuais e amplitude móvel (X e MR) .

A fim de identificar os possíveis problemas encontrados nas amostras, foram analisados os pontos críticos, com o intuito de auxiliar na melhoria da qualidade do serviço na empresa de saneamento básico, de modo que traga soluções benéficas ao local escolhido para análise.

#### 4. DESCRIÇÃO DA EMPRESA E DOS DADOS ANALISADOS

A Empresa estudada é a SANESUL (Empresa de Saneamento do Mato Grosso do Sul), que atua em 68 municípios e 55 distritos do estado, garantindo o abastecimento de água para mais de um milhão e seiscentos mil habitantes.

É uma empresa de economia mista que tem como principal acionista o Governo do Estado do Mato Grosso do Sul. Entre suas principais atribuições estão: planejar, construir e operar o sistema de água e esgoto.

A cidade estudada é município de Caarapó-MS de aproximadamente 28.001 habitantes, onde o sistema de abastecimento de água é feito através da captação de 8 poços e possui 5 reservatórios que vão abastecer uma malha de 118.908 metros de rede de distribuição de água com um total de 6.070 ligações domiciliares atendendo 22.399 habitantes, possui uma capacidade de produção é de 379,81 m<sup>3</sup>/h. O tipo de tratamento utilizado segundo a Unidade de Tratamento de Água (UTA), é feito por desinfecção e fluoretação onde se utiliza hipocloreto de cálcio, cloro gasoso e ácido fluossilícico (SANESUL, 2016).

Os mananciais onde a Sanesul capta água para abastecer a população possuem água de qualidade, atestados rotineiramente por análises laboratoriais. O processo de captação e distribuição é exemplificado na Figura 4 a seguir:



Figura 4- Processo de captação, tratamento, reservatório e distribuição da água potável.  
Fonte: Fonte adapta da Sanesul (2016)

A água subterrânea, captada em poços pode ser definida como água existente no subsolo, que passa por um processo de filtragem natural e fica acumulada, dando origem aos aquíferos. Através da construção de poços tubulares, essa água pode ser captada para ser utilizada no abastecimento público. Antes de chegar até o consumidor, passa pelo processo de cloração para a remoção completa das bactérias existentes. Este processo visa dar segurança ao produto final e é realizado com cloro (SANESUL, 2016).

A fluoretação tem objetivo de prevenir a carie dentária em crianças, adicionando-se flúor à água. Após este processo a água está dentro dos padrões estabelecidos para ser distribuída sendo levada até reservatórios e de lá distribuídas para as casas dos clientes (SANESUL, 2016).

#### 4.1 RESULTADOS

As amostras de água utilizadas para o estudo são referentes ao período 25/02/2015 à 20/10/2015 coletadas entre os horários de 09h00min à 10h30min em diversos pontos do município para verificar nível de flúor, cloro residual livre, turbidez, entre outras variáveis. Foram coletadas 166 amostras da turbidez, sendo analisadas apenas 158 amostras. Já para o cloro residual livre também foram coletadas 166 amostras e analisadas 164 delas. As amostras não analisadas foram condenadas pelo laboratório responsável, pois, as mesmas chegaram com atraso maior que o permitido, que é de 24 horas.

Com a coleta desses dados a etapa de medir foi alcançada, sendo necessário um controle dessas variáveis através de um monitoramento contínuo com o uso de gráficos de controle.

Utilizou-se o software estatístico Action Stat, uma ferramenta do Excel para fazer os cálculos das variáveis e determinar os limites de controle para as variáveis analisadas.

Os gráficos de controle e suas respectivas variáveis aplicadas no monitoramento dos parâmetros turbidez e cloro residual livre na qualidade da água potável no município de Caarapó no estado de Mato Grosso do Sul são apresentados na próxima seção. Os valores das amostras coletadas encontram-se nos anexos A e B.

##### 4.1.1 Turbidez

A Tabela 1 apresenta os dados relativos aos limites de controle da turbidez da água potável.



Tabela 1- Limites de controle da Turbidez

Gráfico de Valores Individuais	
Limite Superior	0,9422065
Linha de centro	0,4968354
Limite Inferior	0,0514644
Gráfico de Amplitude Móvel	
Limite Superior	0,5472745
Linha de centro	0,1675159
Limite Inferior	0
Desvio padrão	0,148457

Como pode ser observado na Figura 4, o gráfico de Shewhart para turbidez apresenta 10 pontos acima do limite superior de controle para gráfico de valores individuais e 5 pontos acima dos limites de controle para gráfico de amplitude móvel, evidenciando diferenças de valores de alguns pontos em relação a média do processo. Além disso, no gráfico de valores individuais pode-se verificar pontos sequenciais abaixo da linha média, o que caracteriza falta de controle no processo.

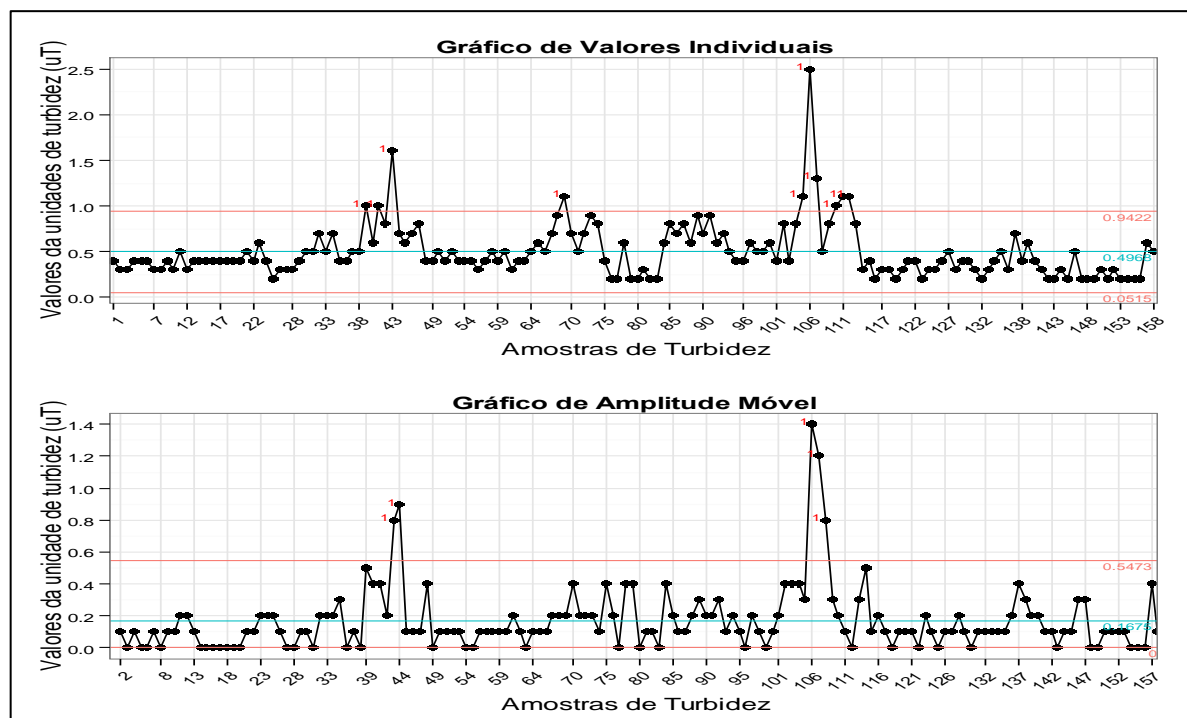


Figura 5 - Gráfico de valores individuais e amplitude móvel (X e RM) para Turbidez do ano de 2015

Os problemas associados à falta de controle no processo aconteceram devido à contaminação, pois, as amostras foram retiradas diretamente da torneira e do cavalete hidrômetro, deve ser considerada também contaminação nas vidrarias utilizadas que pode ter ocasionado este aumento no nível de turbidez das amostras de água analisadas. Além disso, no período em que foram coletadas as amostras de número 105 à 106, obteve-se um maior

índice de chuvas na região, elevando o processo erosivo, colaborando para aumento da turbidez.

#### 4.1.2 Cloro residual livre (mg/L)

A Tabela 2 apresenta os limites de controle para o cloro residual livre presentes nas amostras de água potável.

Tabela 2- limites de controle para cloro residual livre (mg/L)

<b>Gráfico de Valores Individuais</b>	
<b>Limite Superior</b>	0,353764862
<b>Linha de centro</b>	0,254268293
<b>Limite Inferior</b>	0,154771724
<b>Gráfico de Amplitude Móvel</b>	
<b>Limite Superior</b>	0,122261963
<b>Linha de centro</b>	0,037423313
<b>Limite Inferior</b>	0
<b>Desvio padrão</b>	0,033165523

O gráfico Shewhart para cloro residual livre de (mg/L) como pode ser observado na Figura 4, apresenta 2 pontos acima do limite de controle e 1 ponto abaixo dos limites de controle para o gráfico de valores individuais. Já o gráfico de amplitude móvel apresenta 4 pontos acima dos limites de controle, e alguns valores próximos a zero entre muitas amostras, evidenciando falta de controle no processo.

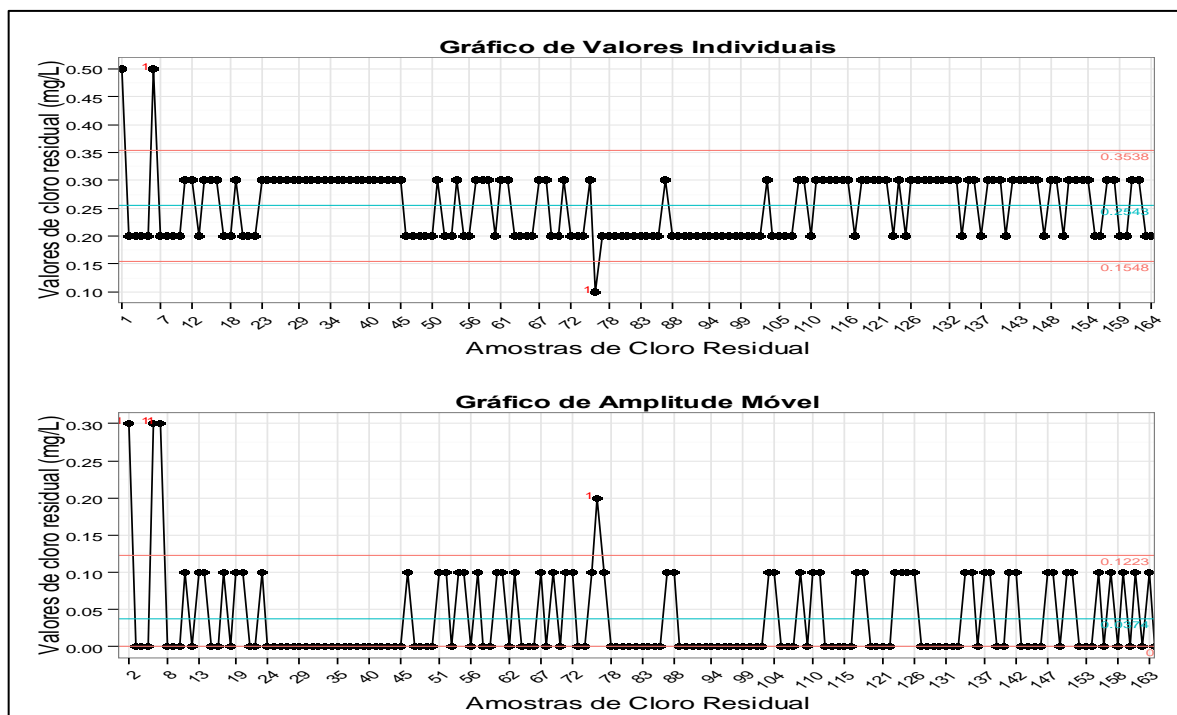


Figura 6 - Gráfico de valores individuais e amplitude móvel (X e RM) para cloro residual livre (mg/L) do de 2015

O fato das amostras terem sido retiradas diretamente da torneira e do cavalete hidrômetro, como relatado para os valores amostrais da turbidez, é o principal motivo das amostras 1, 6, e 76 de cloro residual livre estarem fora dos limites de controle, pois, no período que foram coletadas não choveu. Também como a turbidez deve ser considerada a contaminação nos materiais utilizados para coleta.

## 4.2 DISCUSSÕES

Embora tenha apresentado pontos fora dos limites de controle nos gráficos aplicados, os valores monitorados nesse estudo permaneceram dentro da faixa permitida pela Portaria Nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, onde o valor permitido para Turbidez no sistema de distribuição da água e de 5 unidades de turbidez (uT) de acordo com Artigo 30º, Inciso I. Refere-se ao padrão organoléptico de potabilidade. Conforme artigo 5º, inciso IV, o padrão organoléptico é o conjunto de parâmetros caracterizados por provocar estímulos sensoriais que afetam a aceitação para consumo humano, mas que não necessariamente implicam risco à saúde.

Para o cloro residual livre a legislação vigente estabelece de acordo com Capítulo V, Artigo 34º, é obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre e

Artigo 39º, Inciso II. Recomenda-se que o teor Máximo de cloro residual livre em qualquer ponto do sistema de abastecimento seja de 2 mg/L. A amostra de número 76 foi à única que saiu valores permitidos pela legislação vigente, no entanto esta dentro dos 5% de amostras que podem apresentar valores superiores para cloro residual livre.

Os gráficos para valores individuais das variáveis analisadas nesse estudo apresentam vários pontos consecutivos abaixo da linha central que segundo Montgomery (2008), é caracterizado como causas comuns. Ainda segundo o autor, dentro do gráfico de controle, essas causas podem ser visualizadas dentro dos limites de controle. Os valores próximo a zero verificados nos gráficos de amplitude móvel relatados nas Figuras 3 e 4, também são consideradas causas comuns.

#### 4.3 SUGESTÕES DE MELHORIA

Para continuar o monitoramento contínuo do processo é necessário o uso de outras ferramentas da qualidade que ajudam na resolução de problemas. Segundo Ramos (2012), o diagrama de causa e efeito é uma importante ferramenta, pois, descreve situações complexas, que seriam muito difíceis de serem descritas e interpretadas somente com palavras. Este diagrama é composto de linhas e símbolos, que representam uma relação significativa entre um efeito e suas possíveis causas, o que facilitaria na identificação das anomalias presentes nas amostras de água, ajudando na tomada de decisões. (RAMOS, 2012).

As fontes de variabilidade apresentadas nesse estudo podem ser controladas monitorando os métodos utilizados para coleta a fim de manter materiais livres de contaminação.

O treinamento do pessoal envolvido é de grande importância para evitar possíveis erros, pois, isso compromete o resultado final das amostras. Todos dentro da empresa devem ter o conhecimento dos padrões estabelecidos pela portaria vigente a fim de assegurar a qualidade da água para consumidores. Se essa variabilidade for pequena, ou seja, não causar impacto perceptível para o consumidor, é tolerável, caso contrário será indesejável ou mesmo inaceitável (MONTGOMERY, 2008).

A aplicação de folhas de verificação é de suma importância, pois facilita na coleta e organização dos dados para posterior análise. (RAMOS, 2012).

As amostras colhidas são enviadas através de ônibus de linha para o laboratório responsável pela análise das mesmas. Por esse motivo é comum ocorrer atraso na chegada das amostras, pois, podem ocorrer inevitáveis imprevistos no percurso. Sendo assim fator tempo é

de extrema importância, pois, quanto mais rápido as amostras forem analisadas, mais precisos serão os resultados. Visto que a secretaria de estado de saúde dispõe somente de um laboratório instalado na capital do estado, Campo Grande-MS, chamado de laboratório central (LACEN), um transporte particular dessas amostras poderiam evitar tais atrasos, assegurando qualidade da água.

A turbidez pode aumentar durante o processo de tratamento da água, pois é necessária adição de componentes químicos a fim de garantir a qualidade da água oferecida, no entanto não deve ultrapassar 5uT em qualquer ponto da rede.

## 5. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi aplicado o gráfico de controle para valores individuais e amplitude móvel (X e RM), que possibilitaram a determinação de intervalos de operação e valores limites de atuação para as amostras analisadas.

As variáveis turbidez e cloro residual livre apresentaram pontos fora dos limites de controle ocasionados por possível contaminação dos materiais de coleta, e demora na chegada das amostras para análise. Os aumentos no índice de chuvas em alguns períodos da coleta contribuíram para aumento da turbidez. No entanto não ultrapassaram os limites impostos pela legislação vigente.

Conclui se que a qualidade da água no abastecimento da cidade de Caarapó-MS é boa, pois, apenas a variável cloro residual livre apresentou uma única amostra abaixo do limite estipulado pela Portaria de nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, que estabelece os padrões de potabilidade para água potável.

O controle estatístico do processo (CEP) pode ser usado para monitoramento do processo nas estações de tratamento de água, permitindo detectar causas de variabilidade e programar ações corretivas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AGUAS/ANA. Atlas Brasil: **Abastecimento urbano de água**. Panorama nacional. Vol. 1. Brasília: ANA, 2010.

ASSOCIACÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS/ABNT. NBR ISO 9000:2008: **Sistemas de gestão da qualidade** – requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ASSOCIACÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS/ABNT. NBR 5425:1985: **Guias para inspeção por amostragem no controle e certificação da qualidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 1985.

ASSOCIACÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS/ABNT. NBR 5426:1985: **Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos**. Rio de Janeiro: ABNT, 1985.

ASSOCIACÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS/ABNT. NBR 5427:1985: **Guia para utilização da norma NBR 5426 - Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos**. Rio de Janeiro: ABNT, 1985.

ASSOCIACÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS/ABNT. NBR 5429:1985: **Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por variáveis** – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1985.

BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria n.º 2.914, de 12 de Dezembro de 2011. **Dispõe sobre normas de potabilidade de água para o consumo humano**. Brasília: SVS, 2011.

CAMPOS, V. F. **Controle da Qualidade Total**: (estilo japonês). Minas Gerais: INDG, 2004.

CARPINETTI, L.C.R.; MIGUEL, P.A.C.; GEROLAMO, M.C. **Gestão da qualidade ISO 9001:2000** – princípios e requisitos de gestão. São Paulo: Atlas, 2009.

CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da Qualidade**: conceitos e técnicas. São Paulo: Atlas, 2012.

COSTA, A.F.B; EPPRECHT, E.K; CARPINETTI, L.C.R. **Controle estatístico da qualidade**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

CROSBY, P. B. **Qualidade é investimento**. Rio de Janeiro: José Olympio, 1999.

DEMING, W. E. **Qualidade**: A revolução da administração. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1992.

DINIZ, M.G. **Desmistificando o controle estatístico do processo**. 1 ed. São Paulo: Artliber Editora, 2012.

FEIGENBAUM, Armand V. **Controle da Qualidade Total**. São Paulo: Makron, 1994.

GARVIN, David. A. Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva. Rio de Janeiro, Qualitymark, 2002.

GIATTI, Leandro Luis. **Fundamentos de saúde ambiental**. Manaus: editora da Universidade Federal do Amazonas, 2009.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. Ed. São Paulo: Atlas, 2008

IBGE - **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA**. Disponível em: <[Http://w.w.w.ibge.gov.br/cidadesat](http://w.w.w.ibge.gov.br/cidadesat) . Acesso em: 03 de maio 2016.

IMASUL- **INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE DE MATO GROSSO DO SUL**. Disponível em : <http://www.imasul.ms.gov.br/>. Acesso em: 03 de maio de 2016.

ISHIKAWA, K. **Controle de Qualidade Total**. 8 ed. Rio de Janeiro: INDG, 2004.

JURAN, J. M. **A qualidade desde o projeto**: novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços. São Paulo: Cengage, 2009.

MIRSHAWKA, V. **A implantação da qualidade e da produtividade pelo método do Dr. Deming**. São Paulo: McGraw-Hill, 1990

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC. 2004.

ROTONDARO, R.G.**Seis sigma**:estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços. São Paulo: Atlas, 2002.

OLIVEIRA, OTÁVIO.J. **Gestão da qualidade**. 1.ed. São Paulo: Pioneira, 2003.

PALADINI, E. P. **Avaliação estratégica da qualidade**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

PRODANOV, C. C. **Manual de metodologia científica**. 3. ed. Novo Hamburgo, RS: Feevale, 2006.

RAMOS, A. W. **CEP para processos contínuos e em bateladas**. 1. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2012.

RICHER, C.A; NETTO,J.M.A. **Tratamento de água**. 7 ed. São Paulo: Editora Blucher, 2007.

SANESUL. **Companhia de Saneamento do Mato Grosso do Sul**. Disponível em <http://www.sanesul.com.br>. Acessado em 04 de marco de 2016.

YIN.R.K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.



**ANEXOS**

## ANEXO A - Amostras de turbidez

Amostra	Turbidez	Amostra	Turbidez	Amostra	Turbidez	Amostra	Turbidez
1	0,4	51	0,40	101	0,40	151	0,2
2	0,3	52	0,50	102	0,80	152	0,3
3	0,3	53	0,40	103	0,40	153	0,2
4	0,4	54	0,40	104	0,8	154	0,2
5	0,4	55	0,40	105	1,1	155	0,2
6	0,4	56	0,30	106	2,5	156	0,2
7	0,3	57	0,40	107	1,3	157	0,6
8	0,3	58	0,50	108	0,5	158	0,5
9	0,4	59	0,40	109	0,8		
10	0,3	60	0,50	110	1		
11	0,5	61	0,30	111	1,1		
12	0,3	62	0,40	112	1,1		
13	0,4	63	0,40	113	0,8		
14	0,4	64	0,50	114	0,3		
15	0,4	65	0,60	115	0,4		
16	0,4	66	0,50	116	0,2		
17	0,4	67	0,70	117	0,3		
18	0,4	68	0,90	118	0,3		
19	0,4	69	1,10	119	0,2		
20	0,4	70	0,70	120	0,3		
21	0,5	71	0,50	121	0,4		
22	0,4	72	0,70	122	0,4		
23	0,6	73	0,90	123	0,2		
24	0,40	74	0,80	124	0,3		
25	0,20	75	0,40	125	0,3		
26	0,3	76	0,20	126	0,4		
27	0,30	77	0,20	127	0,5		
28	0,30	78	0,60	128	0,3		
29	0,40	79	0,20	129	0,4		
30	0,50	80	0,20	130	0,4		
31	0,50	81	0,30	131	0,3		
32	0,70	82	0,20	132	0,2		
33	0,50	83	0,2	133	0,3		
34	0,70	84	0,60	134	0,4		
35	0,40	85	0,80	135	0,5		
36	0,40	86	0,70	136	0,3		
37	0,50	87	0,80	137	0,7		
38	0,50	88	0,60	138	0,4		
39	1,00	89	0,90	139	0,6		
40	0,60	90	0,70	140	0,4		
41	1,00	91	0,90	141	0,3		
42	0,80	92	0,60	142	0,2		
43	1,60	93	0,70	143	0,2		
44	0,70	94	0,50	144	0,3		
45	0,60	95	0,40	145	0,2		
46	0,70	96	0,40	146	0,5		
47	0,80	97	0,6	147	0,2		
48	0,40	98	0,50	148	0,2		
49	0,40	99	0,50	149	0,2		
50	0,50	100	0,60	150	0,3		

## ANEXO B- Amostra de Cloro Residual Livre (mg/L)

Amostra	Cloro Residual	Amostra	Cloro Residual	Amostra	Cloro Residual
1	0,5	56	0,20	111	0,3
2	0,2	57	0,30	112	0,3
3	0,2	58	0,30	113	0,3
4	0,2	59	0,30	114	0,3
5	0,2	60	0,20	115	0,3
6	0,5	61	0,30	116	0,3
7	0,2	62	0,30	117	0,2
8	0,2	63	0,20	118	0,3
9	0,2	64	0,20	119	0,3
10	0,2	65	0,20	120	0,3
11	0,3	66	0,20	121	0,3
12	0,3	67	0,30	122	0,3
13	0,2	68	0,30	123	0,2
14	0,3	69	0,20	124	0,3
15	0,3	70	0,20	125	0,2
16	0,3	71	0,30	126	0,3
17	0,2	72	0,20	127	0,3
18	0,2	73	0,20	128	0,3
19	0,3	74	0,20	129	0,3
20	0,2	75	0,30	130	0,3
21	0,2	76	0,10	131	0,3
22	0,2	77	0,20	132	0,3
23	0,30	78	0,20	133	0,3
24	0,30	79	0,20	134	0,2
25	0,3	80	0,20	135	0,3
26	0,30	81	0,20	136	0,3
27	0,30	82	0,20	137	0,2
28	0,30	83	0,20	138	0,3
29	0,30	84	0,20	139	0,3
30	0,30	85	0,20	140	0,3
31	0,30	86	0,20	141	0,2
32	0,30	87	0,30	142	0,3
33	0,30	88	0,20	143	0,3
34	0,30	89	0,20	144	0,3
35	0,30	90	0,2	145	0,3
36	0,30	91	0,20	146	0,3
37	0,30	92	0,20	147	0,2
38	0,30	93	0,20	148	0,3
39	0,30	94	0,20	149	0,3
40	0,30	95	0,20	150	0,2
41	0,30	96	0,20	151	0,3
42	0,30	97	0,20	152	0,3
43	0,30	98	0,20	153	0,3
44	0,30	99	0,20	154	0,3
45	0,30	100	0,2	155	0,2
46	0,20	101	0,20	156	0,2
47	0,20	102	0,20	157	0,3
48	0,20	103	0,30	158	0,3
49	0,20	104	0,2	159	0,2
50	0,20	105	0,20	160	0,2
51	0,30	106	0,2	161	0,3
52	0,20	107	0,20	162	0,3
53	0,20	108	0,30	163	0,2
54	0,30	109	0,30	164	0,2
55	0,20	110	0,20		

