



I-389 – USO DE SISTEMA COMPOSTO AERAÇÃO E FILTRAÇÃO RÁPIDA DE GRAVIDADE PARA A REDUÇÃO DO TEOR DE FERRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM UMA COMUNIDADE RIBEIRINHA DO ESTADO DO AMAZONAS-AM

Paulo Rodrigues de Souza ⁽¹⁾

Professor Adjunto – Engenheiro Civil pela UFAM. Mestre em Hidráulica e Saneamento pela EESC/USP. Doutorando em Recursos Hídricos pela COPPE/UFRJ.

Atlas Augusto Bacellar ⁽²⁾

Professor Adjunto IV da UFAM – Engenheiro Civil pela UFAM. Mestre em Engenharia de Produção pela UFAM. Doutorando em Planejamento Elétrico pela UFPa.

Andréia Rodrigues Gomes ⁽³⁾

Acadêmica de Engenharia Civil pela Universidade Federal do Amazonas

Endereço ⁽¹⁾: Av. General Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 3000, Faculdade de Tecnologia, Campus Universitário, Coroado, CEP: 69077-000, Manaus, AM, Fone: (0xx92) 3634-8615, Celular: (0xx92) 8115-0362 - e-mail: prsouza_am@yahoo.com.br

RESUMO

A água subterrânea constitui-se em fonte de abastecimento de grande parte dos municípios brasileiros. Apesar da grande quantidade de água superficial a Região Norte do Brasil apresenta um grande número de municípios abastecidos basicamente por poços tubulares. Nesta região, um dos maiores problemas encontrados, principalmente nos aquíferos mais recentes, é a grande concentração de ferro e de manganês. Este trabalho tem por objetivo relatar os resultados obtidos nos estudos de tratabilidade da água de poço tubular implantado na Comunidade de São Francisco do Parauá, tendo em vista o uso em agroindústria de beneficiamento de polpa de açaí. Após o estudo em escala piloto, implantou-se um sistema final composto de tomada de água em poço tubular profundo, dosador de cloro em pastilha, aerador de bandejas metálicas, reservatório de acumulação/precipitação e filtro rápido de gravidade com leito duplo de areia e carvão ativado. Realizou-se coleta de amostras da água bruta e tratada no início do mês de agosto de 2008, próximo ao período de cheia máxima do rio Solimões. Os resultados demonstram um alto teor de ferro, cor, turbidez e de alcalinidade na água captada. Após a implantação do processo de tratamento houve uma redução significativa desses parâmetros. A qualidade da água resultou dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pelo Ministério da Saúde.

PALAVRAS-CHAVE: Águas Subterrâneas, Remoção de Ferro, Sistemas de Aeração, Carvão Ativado.

INTRODUÇÃO

Do total de água subterrânea existente no planeta, cerca de 112.000 km³ estão no subsolo brasileiro (Sarney Filho, 2001). Segundo dados oficiais, 61% do suprimento de água potável utilizado nos municípios brasileiros é originado deste recurso hídrico (Sarney Filho, 2001 *appud* IBGE 1998).

No Estado do Amazonas os principais aquíferos explorados são os aquíferos existentes nas formações geológicas Alter do Chão, Solimões e Iça. Apesar da grande quantidade de água superficial disponível, a Região Norte do Brasil apresenta um grande número de municípios abastecidos exclusivamente por água subterrânea. Tal condição se deve ao baixo custo de produção, com características organolépticas aparentemente satisfatórias, apresentando cor e turbidez baixas, porém não atendendo quimicamente aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria 518/2004, do Ministério da Saúde. Nesta região, um dos maiores problemas encontrados, principalmente nos aquíferos mais recentes, é a grande concentração de ferro e de manganês. Segundo Di Bernardo (2002), muitas regiões do Brasil apresentam problemas na água de abastecimento relacionados com a presença de ferro, decorrentes do tipo de solo e suas interações com a água superficial ou subterrânea.

Concentrações altas de ferro e de cloretos podem restringir o uso da água em razão do sabor que eles conferem e pelo efeito laxativo que podem provocar, a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde estabelece o teor máximo de 250mg/l para cloretos e de 0,3mg/l de ferro para água potável. (FUNASA, 2006).



Azevedo (2006), estudando o uso de água subterrânea em sistemas de abastecimento de comunidades na várzea da Amazônia central, concluiu que ferro total apresentava as maiores concentrações nos períodos de cheia máxima dos rios, chegando a ultrapassar 0,92mg/L. Sabe-se que, na Região Amazônica, o período de cheia máxima dos rios ocorre entre maio e julho.

Para a remoção de ferro em águas destinadas ao abastecimento recorre-se a filtração, troca iônica, estabilização com polifosfatos e a oxidação para a formação de precipitados. Para Di Bernardo (2002), a oxidação pode ser realizada por processo mecânico (aeração) o ou físico-químico (cloração). A filtração é realizada, normalmente, por filtro de areia e carvão ativado.

MADEIRA *et all* (2002), relatam a utilização de carvão adsorvente para filtração de águas naturais com um produto denominado CARBOTRAT AP, que em estudos de laboratório, reduziu a concentração de ferro total de 10mg/l, na entrada, para 0,13 mg/l a 0,7mg/l na saída, durante um período de 22 dias.

NASCIMENTO FILHO (2006), estudou, em escala piloto, a utilização de um filtro de coluna de carvão aditivado granuloso como redutor de ferro solúvel em águas de abastecimento mostrando uma eficiência de redução de 90%.

A maior parte das substâncias orgânicas que causam sabor e odor, cor, mutagenicidade e toxicidade, podem ser adsorvidas em carvão ativado. Os compostos permanecem adsorvidos na superfície devido a ação de diversos tipos de forças químicas como ligações de hidrogênio, interações dipolo-dipolo e forças de Van der Waals. Se a reação é reversível as moléculas continuam a se acumular na superfície até que se igualem as velocidades de reação nos dois sentidos, o que indicará a existência de equilíbrio, sem remoção adicional. Uma das mais importantes características de um adsorvente é a quantidade de substância que pode ser retirada da superfície do mesmo, conforme explica Di Bernardo (2002).

Iniciado em março de 2005 com recursos do fundo setorial CT-Energ, o projeto Modelo de Negócio de Energia Elétrica em Comunidades Isoladas da Amazônia – NERAM tem buscado alternativas para o uso de recursos naturais disponíveis, baseado em estudo de cadeias produtivas locais. O projeto se propõe a pesquisar soluções para suprimento energético de comunidades rurais isoladas na Amazônia.

O local escolhido para implantação do projeto situa-se na cidade de Manacapuru, a margem direita do Rio Solimões, na Costa do Canabuco II, englobando as comunidades de São Francisco do Parauá, Cristo Rei, Pentecostal Unida do Brasil e Nossa Senhora da Conceição, atendendo 136 domicílios, escolas e centros comunitários. A Figura 1 ilustra a localização geográfica do projeto (3° 30'42''S; 60° 43'36 '' W).



Figura 1 – Indicação geográfica em imagem de satélite do local de desenvolvimento do Projeto NERAM: (Google Earth: 2008).

A tecnologia escolhida para geração de energia foi a de gaseificação, tendo como fonte energética o caroço de açaí, em face da identificação de atividade extrativista dessa fruta na área de influência do projeto, cuja produção anual permitiria atender praticamente às demandas necessárias.



Para possibilitar a disponibilidade da fonte, a implantação de uma agro-indústria se fez necessária, de tal sorte que seus resíduos pudessem ser utilizados como insumos na geração de energia, além de propiciar a criação de emprego e renda para as comunidades atendidas, além das adjacentes.

No processo produtivo de polpa de açaí um dos principais insumos é a água potável. Portanto a disponibilidade deste líquido é vital para a viabilização das atividades desse tipo de agro-indústria. No projeto o fornecimento de água foi possível a partir da construção de um poço tubular com profundidade estimada de 100 metros.

A área em questão encontra-se localizada na Formação Solimões, geologicamente recente (idade em torno de 2,8 milhões de anos), que ainda está em processo de formação. Na várzea dos rios Solimões e Amazonas os solos normalmente apresentam teores elevados de silte e de areia fina. É elevada a capacidade de troca de cátions, especialmente Ca^{2+} , Mg^{2+} e, em alguns casos, Na^{+} e Al^{3+} . A composição mineralógica dos solos desta várzea é bastante rica, destacando-se a presença de minerais primários, tais como: mica, clorita e feldspato, além de conteúdo significativo de esmectita, caulinita e vermiculita.

Após as análises de qualidade da água constatou-se que a mesma encontrava-se em desacordo com a Portaria 518 do Ministério da Saúde, apresentando cor, turbidez, sólidos totais dissolvidos e ferro acima do permitido. Por serem impróprias ao consumo humano não podiam, também, serem utilizadas na produção de polpa de açaí.

Este trabalho tem por objetivo relatar os resultados obtidos nos estudos de tratabilidade da água de poço tubular implantado pelo Projeto NERAM na Comunidade de São Francisco do Parauá tendo em vista o uso em água de incorporação de agroindústria de beneficiamento de polpa de açaí.

DESCRIÇÃO DO SISTEMA

Para o estudo da alternativa mais viável para o tratamento da água captada, realizou-se ensaio em instalação piloto, de um sistema composto por aeração e filtração, permitindo comparar diferentes taxas de filtração e composições para o meio filtrante. Devido à grande concentração de ferro e manganês, concluiu-se que em escala real haveria necessidade de recorrer à adição de cloro para auxiliar no processo de oxidação. A filtração final permitiria a eliminação de um eventual excesso deste produto químico. Após o estudo em escala piloto, implantou-se o sistema final composto de tomada de água em poço tubular profundo, dosador de cloro em pastilha, aerador de bandejas metálicas, conforme ilustrado na Figura 2, e filtro rápido de gravidade, com fluxo descendente e camada dupla de areia e carvão ativado.



Figura 2 – Foto do sistema de aeração com o tanque de armazenamento na parte inferior.

O filtro foi construído com aproveitamento de uma tubulação de PVC de 400mm de diâmetro e altura de 3,5m. A alimentação do filtro é realizada por uma bomba centrífuga que coleta água em tanque de armazenamento, localizado após a unidade de aeração, conforme ilustra a Figura 3.



Figura 3 – Foto do sistema de filtração durante o processo de implantação.

A entrada de água no filtro é realizada por uma tubulação de PVC de 25mm na parte superior. O meio filtrante é composto de uma camada de areia quartzolítica, com 0,25m de espessura, com diâmetro efetivo de 0,4mm a 0,6mm, e de uma camada de carvão ativado com 0,45m de espessura e tamanho efetivo de 0,8mm a 1,2mm.

Abaixo do leito, foi implantada uma camada suporte de pedregulho, com 0,25cm de espessura e com granulometria entre 2,4mm a 20mm, em camadas. A coleta de água filtrada é realizada por um tubo de PVC de 25mm que conduz água até um reservatório com bomba submersível para a elevação da água tratada até o reservatório de distribuição. As Figuras 4 e 5 ilustram o sistema de filtração construído.

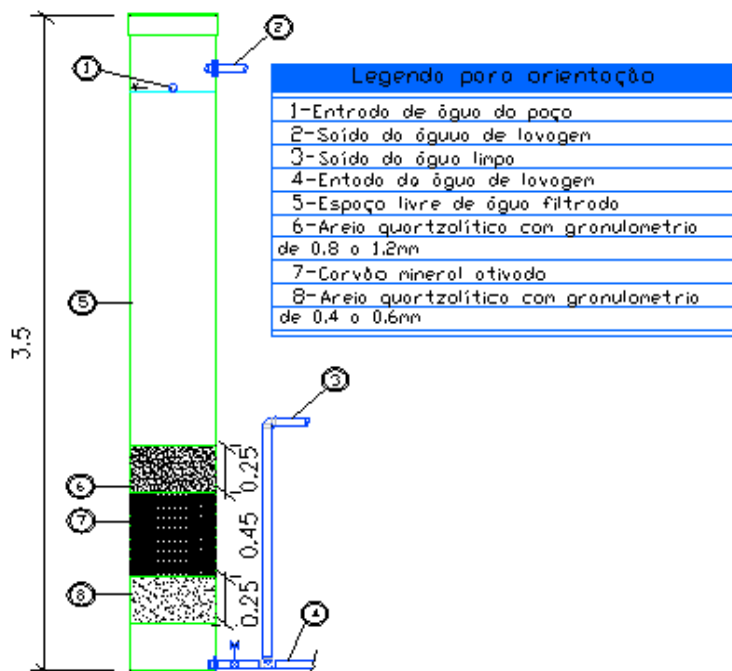


Figura 4 – Esquema do filtro corte lateral direito.

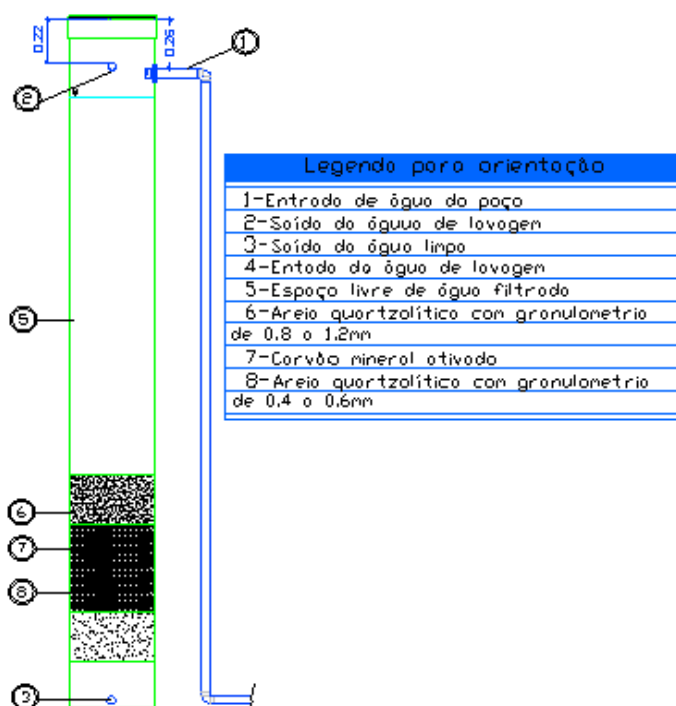


Figura 5 – Esquema do filtro corte lateral esquerdo.

A limpeza do filtro é realizada com água proveniente do reservatório de água oxidada, após a precipitação, por meio de manobra de válvulas com a inversão do fluxo da parte superior para a inferior do filtro e descarga na parte superior. Após a limpeza em fluxo ascendente, realiza-se novamente a inversão do fluxo no sentido descendente, descartando-se as primeiras águas.

METODOLOGIA

No dia 07 de junho de 2008, foi feita uma viagem à comunidade visando realizar melhorias técnicas no sistema de tratamento e estabelecimento das rotinas operacionais.

No dia 1º de agosto de 2008 realizou-se a coleta de água em 3 (três) pontos distintos do sistema de tratamento, conforme ilustra a figura 6.

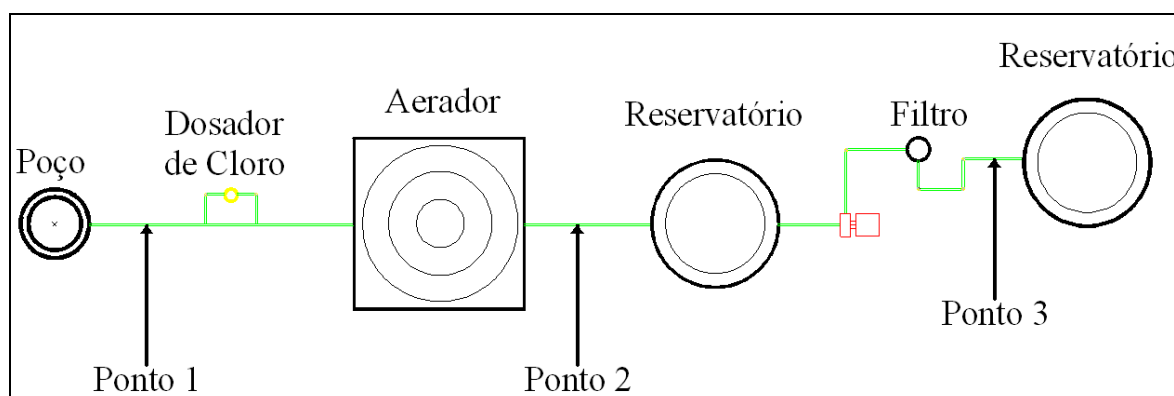


Figura 6 – Esquema Geral do Sistema de Tratamento com os pontos de coleta.

As análises físico-químicas foram realizadas com equipamentos e métodos titulométricos do laboratório da Universidade Federal do Amazonas.

As amostras colhidas no dia 1º de agosto foram analisadas de 04 a 05 do mesmo mês.



O ensaio de alcalinidade seguiu o método titulométrico indicado no Manual de Saneamento da (FUNASA 2006), que descreve Alcalinidade por titulação com Ácido Sulfúrico.

O ensaio de ferro total foi realizado com o auxílio método colorimétrico de comparação visual, com indicador de Fe-1Q Quant.

O ensaio de cloretos foi realizado conforme o método titulométrico descrito no Manual de Saneamento da (FUNASA 2006) com titulação por Nitrato de Prata.

A turbidez das amostras foi obtida pelo Método Nefelométrico com Turbidímetro Hach, a cor pelo método de comparação visual com discos colorimétricos, a condutividade pelo método de célula de condutividade e o pH pelo método Eletrométrico.

Para a realização dos ensaios utilizou-se as instalações e aparelhos disponíveis no Laboratório de Saneamento, da Universidade Federal do Amazonas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises foram realizadas nos dias quatro a sete do mês de agosto os resultados encontram-se dispostos na Tabela 1.

Tabela 1: Resultado da análise de água pós-tratamento com aerador e filtro

Análises	P1	P2	P3
Temperatura (°C)	28,1	28,2	27,1
Ferro (mg/l)	2,0	0,6	0,1
pH	6,0	5,0	5,5
Turbidez (UNT)	12	30	0,27
Cor (UH)	60	70	2,5
Alcalinidade (mg/l)	200	107	92
Condutividade	1,75	2,45	7,5
Cloretos (mg/l)	26,99	26,99	12,49

Os resultados obtidos mostram que, no início do mês de agosto, decorridos aproximadamente 1(um) mês da data de cota máxima do rio Solimões, que ocorreu entre a última semana do mês de junho e primeira semana do mês de julho, o teor de ferro total encontrado no poço foi relativamente alto, com aproximadamente 2,0mg/L. Os valores de Turbidez e de Cor também foram elevados, apresentando 12UNT e 60UH, respectivamente. Estes valores confirmam os valores relatados por Azevedo (2006) que encontrou valores elevados de ferro nestas águas durante esta época.

Quanto ao tratamento, os resultados indicam que, após o tratamento completo, a água produzida encontra-se dentro padrões de qualidade para o consumo humano estabelecidos pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde.

Para as amostras de ferro total foi observada uma significativa redução na concentração, após o processo completo, com entrada de 2mg/L e saída de 0,1mg/L, com eficiência de remoção de 95%. Este resultado mostra que apenas após a passagem da água pelo carvão ativado é que se obteve reduções aceitáveis no teor de ferro, conforme ilustra a Figura 7.

Observou-se ainda que, após a aeração, o valor do pH ficou abaixo dos valores recomendados, obtendo-se o padrão de potabilidade relativo a este parâmetro após o processo de filtração.

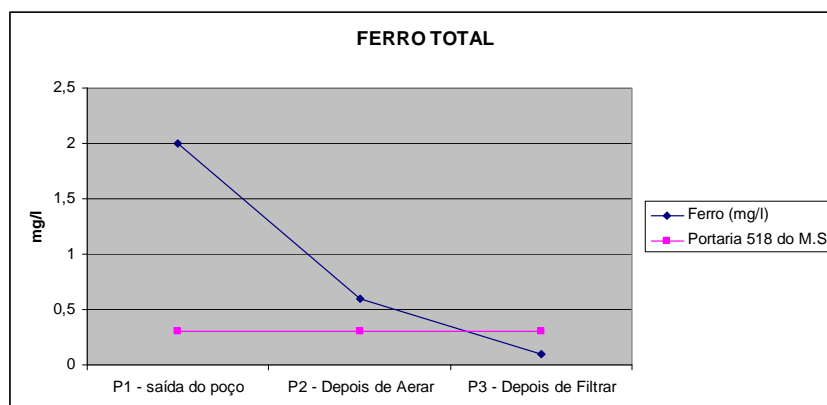


Figura 7 – Gráfico de Resultados de Ferro Total das Amostras coletadas.

Quanto à turbidez, como ilustra a Figura 8, ocorreu um aumento em seu teor durante o processo de aeração em decorrência, possivelmente, do arraste de material sedimentado no interior da unidade devido ao excesso de turbulência no processo de. Após a filtração, porém, a turbidez resultou abaixo de 0,3UNT, atendendo plenamente o referido padrão.

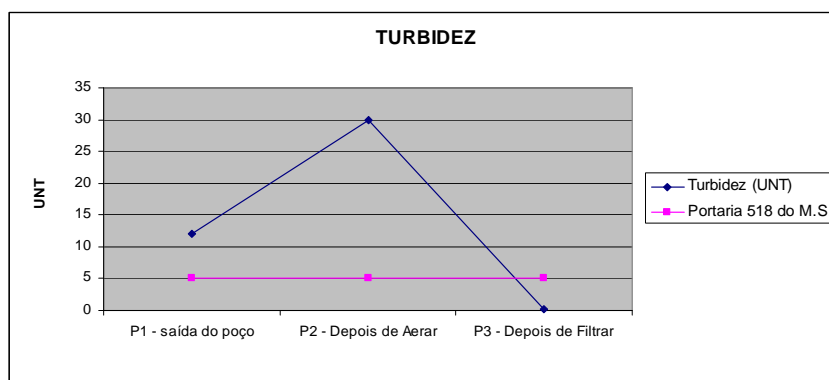


Figura 8 – Gráfico de Resultados de Turbidez das Amostras coletadas.

Observou-se ainda, que após o processo de filtração o valor da cor atendeu aos limites recomendados na Portaria 518/2004, conforme ilustra a Figuras 9. De forma idêntica a turbidez, a cor sofreu um processo de aumento após a aeração. Como porém o teor de ferro reduziu após este processo, acredita-se que o aumento de cor não é proveniente deste material em estado dissolvido mas é decorrente do material coloidal em processo de floculação na base do tanque do aerador.

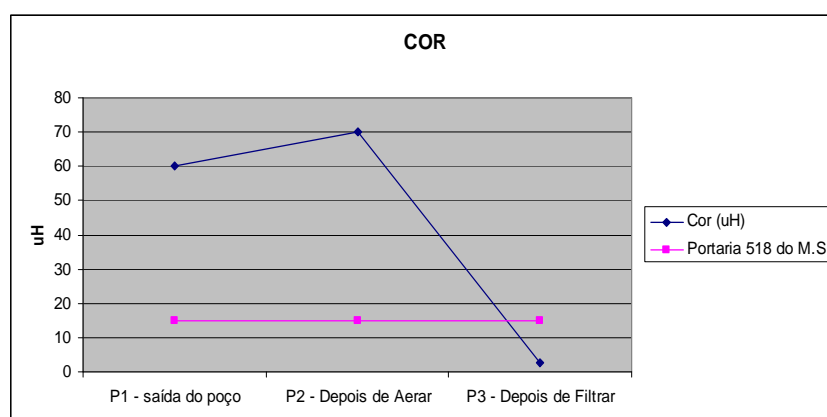


Figura 9 – Gráfico de Resultados de Cor das Amostras coletadas.

A aeração, porém, se mostrou bastante eficiente para a redução do valor da alcalinidade, conforme ilustra a Figura 10. A alcalinidade representa o teor de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos. A forma de hidróxidos é



comum apenas em águas poluídas e denomina-se alcalinidade cáustica. A forma de alcalinidade encontrada é, portanto devido a bicarbonatos e carbonatos.

Como o pH após o processo de aeração posicionou-se em torno de 5,5 caracteriza-se a acidez carbônica da água. Assim, é possível que os íons bicarbonato e os íons de cálcio solúveis existentes na água bruta tenham formado o carbonato de cálcio e o CO_2 durante este processo de aeração. A forma de carbonato de cálcio é bastante insolúvel em água e pode ter reduzido a alcalinidade da água devido a precipitação do mesmo.

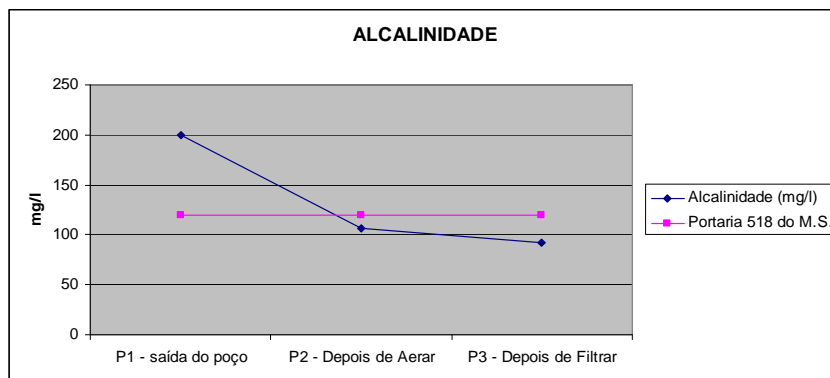


Figura 16– Gráfico de Resultados de Alcalinidade das Amostras coletadas.

De um modo geral, a condutividade elétrica e os cloretos, se mostraram relativamente baixos desde o momento da captação. Um eventual acréscimo após a dosagem de cloro foi eliminado já no processo de aeração.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS

No início do mês de agosto, com nível alto das águas do rio e do aquífero correspondente, as águas subterrâneas na região de estudo apresentaram valores de ferro total, cor, turbidez e alcalinidade acima dos valores recomendados pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde. Os valores de condutividade elétrica e de cloretos, no entanto, se revelaram aceitáveis para abastecimento humano.

O Processo de aeração/precipitação é bastante eficiente para a remoção de ferro, havendo necessidade, no entanto, de polimento final com filtração para a redução dos teores de turbidez e cor, além do próprio ferro.

O teor de alcalinidade pode ser reduzido a partir do processo de aeração, com a combinação dos íons de bicarbonato e cálcio presentes, e formação dos carbonatos de cálcio.

As condições de localização do sistema implantado e a natural dificuldade de acesso desta comunidade, localizada em uma região de várzea da Amazônia, mostraram que é tecnicamente possível fornecer água de qualidade adequada a qualquer cidadão, desde que haja investimentos em energia elétrica para promover a elevação da água de poços tubulares profundos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SARNEY, JOSÉ FILHO - Águas subterrâneas: Programa de Águas Subterrâneas/ Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA, 2001. 21p. ; il.
2. Brasil. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. Portaria MS n. 518, de 25 de março de 2004.
3. Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 357 CONAMA, de 17 de março de 2005.
4. Brasil. Fundação Nacional de Saúde. FUNASA - Manual prático de análise de água. 1a ed. – Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006.
5. DI BERNARDO, LUIZ – Métodos e técnicas de tratamento de água, Volume II / Luiz Di Bernardo. – Rio de Janeiro: ABES, 1993
6. AZEVEDO, RAINEIR PEDRAÇA – Uso de água subterrânea em sistema de abastecimento publico de comunidades na várzea da Amazônia central – Acta Amazônica, 2006.



7. MADEIRA, STUMPF VIVIAN - Utilização de carvão adsorvente para remoção de íons de ferro em águas naturais, 2002.
8. NASCIMENTO FILHO, D'ARTAGNAN – Remoção de ferro em águas de abastecimento, maximização da eficiência dos processos oxidativos, seguidos de filtração diretas-condicionantes e resultados práticos- 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2006.