



PROGRAMA DE APOIO À PESQUISA APLICADA – PROAPA

EDITAL Nº 013/2017-GDG-PROAPA

**DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS DE TRATAMENTO
DESCENTRALIZADOS PARA VIABILIZAÇÃO DE FONTES DE ÁGUA
SUBTERRÂNEA E SUPERFICIAL NO IFCE-MARACANAÚ**

Área Temática 1 - Águas

Maracanaú-CE

Janeiro/2018

RESUMO

O uso de fontes alternativas de água se constitui em uma eficiente medida de gestão estratégica deste recurso, inserindo-se no escopo do conceito de sustentabilidade. O Instituto Federal do Ceará, Campus Maracanaú, possui fontes de água subterrânea e superficial dentro do seu território, porém ambas inoperantes. Sendo um centro universitário com corpo docente atuante no curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, o IFCE-Maracanaú se propõe a incentivar estudos que viabilizem o uso destas fontes de água. No presente projeto é pretendido o desenvolvimento de sistemas descentralizados de tratamento de água superficial e subterrânea construídos a partir de materiais de baixo custo. Além do viés financeiro decorrente da redução de custos inerentes ao consumo de água da rede de abastecimento, a inserção do corpo discente na realização de pesquisas e aulas práticas também se constitui objetivo relevante deste estudo. Adicionalmente, a efetivação do uso de água subterrânea justificará o investimento alocado na construção do poço de coleta. Pretende-se, ainda, a destinação correta destas águas tratadas para fins de consumo, irrigação ou recreação (piscina), baseando-se nas características físicas, químicas e microbiológicas.

1. INTRODUÇÃO

A constante preocupação de como os recursos naturais são consumidos está inserida no escopo do conceito de desenvolvimento sustentável, uma vez que tais recursos são retirados e explorados até sua total exaustão ou sua completa extinção. Nesse âmbito, é possível inferir que isso ocorre em razão de, geralmente, não existir um plano de recuperação ambiental das áreas e dos recursos explorados.

A situação agrava-se, principalmente, quando o recurso é a água, que é indispensável para a manutenção da vida no planeta Terra. Com essa escassez, é imprescindível que o homem procure formas alternativas de consumir os recursos, de maneira racional e sustentável.

O aproveitamento de fontes alternativas de água em paralelo ao suprimento pela rede de abastecimento já existente se apresenta como uma medida viável quanto à redução do consumo frente às companhias de distribuição deste recurso.

O desenvolvimento de tecnologias que possibilitem o uso de água subterrânea ou superficial com nível de qualidade a depender do uso desejado se faz necessário, o que permite a inserção da comunidade acadêmica no que diz a aplicação dos conceitos teóricos abordados em sala de aula.

Neste contexto, esse projeto propõe o desenvolvimento de sistemas de tratamento de águas superficial e subterrânea para fins de abastecimento do Instituto Federal do Ceará, Campus Maracanaú.

Especificamente, o trabalho pretende alcançar os seguintes objetivos:

- Caracterizar as águas superficial e subterrânea, coletadas em pontos de amostragem dentro do IFCE – Maracanaú, quanto aos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos;
- Construir sistemas isolados de tratamento para águas superficial e subterrânea a partir de componentes simples e baratos que possibilitem a execução das etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção;
- Otimizar as condições operacionais em cada sistema de tratamento: pH, concentração do coagulante, vazão de entrada de água, concentração de cloro;
- Avaliar a aplicabilidade da semente de *Moringa oleifera* em substituição ao alumínio como coagulante natural;
- Monitorar a qualidade da água tratada e propor o seu uso mais indicado através da sua caracterização (consumo, irrigação ou recreação);

- Dispor ao IFCE-Maracanaú estrutura viável para aproveitamento de água subterrânea e superficial através de sistemas de baixo investimento;
- Inserir corpo discente dos cursos de Engenharia Ambiental e Sanitária e Licenciatura em Química na execução do projeto, possibilitando a aplicação prática de conteúdos teóricos envolvidos nas seguintes disciplinas: Projeto de Estação de Tratamento de Água, Análises Químicas e Físicas Ambientais, Química Ambiental e Química Analítica.

2. JUSTIFICATIVA

A constante preocupação quanto ao correto uso da água incentiva o desenvolvimento de tecnologias que permitam o aproveitamento de forma eficiente deste recurso. Atualmente, na grande maioria dos edifícios, a água distribuída pelas companhias de abastecimento, a qual possui característica com qualidade para consumo humano, é utilizada sem discriminação para diversos fins: consumo, irrigação e recreação.

O Instituto Federal do Ceará, Campus Maracanaú, também se enquadra na descrição acima. Além do uso inadequado no que se refere à qualidade da água para determinado objetivo, tal consumo indiscriminado onera os custos frente à companhia de abastecimento de água, uma vez que se tem o emprego de água tratada de boa qualidade para fins menos nobres. Em adição a esse contexto, e tendo em vista os impactos financeiros decorrentes do uso exclusivo de água advinda da companhia de abastecimento, o aproveitamento de fontes alternativas deste recurso é imperioso.

O Campus Maracanaú possui dentro de seu território um reservatório de água subterrânea com um poço de coleta já construído, porém atualmente sem utilização deste recurso. Em adição a essa fonte, também no interior do campus, há um ponto de distribuição de água bruta derivada da Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Ceará (COGERH). A implantação de sistemas de tratamento destas fontes de água possibilitaria a redução do consumo deste recurso frente à Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), a qual distribui água tratada com qualidade para fins de consumo humano.

Ademais, a implantação destes sistemas permite a inserção da comunidade acadêmica com relação ao desenvolvimento de tecnologias abordadas em conceitos teóricos em disciplinas dos cursos de Engenharia Ambiental e Sanitária e Licenciatura em Química, ambos do Eixo de Química e Meio Ambiente do referido campus. Com isso,

aulas práticas, trabalhos de pesquisa e de conclusão de curso poderão ser executadas no período de instalação dos sistemas, bem como na continuidade do trabalho.

Aspectos relacionados ao uso de técnicas e materiais alternativos aos tipicamente empregados em sistemas de tratamento de água poderão ser investigados, tais como: utilização de sementes de *Moringa oleífera* como coagulante natural em substituição ao alumínio, uso de carvão ativado derivado de resíduos agrícolas, emprego de lâmpadas ultravioleta na etapa de desinfecção em substituição ao cloro.

Neste contexto, a execução deste projeto se constitui em uma medida que proporcionará o desenvolvimento da pesquisa acadêmica e o aprimoramento de conceitos teóricos. Adicionalmente, este estudo contribuirá para redução dos custos relacionados ao consumo de água frente à companhia de abastecimento, além de possibilitar o uso efetivo da água captada do subsolo, justificando a construção do poço.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Disponibilidade de água para consumo

O acesso à água tratada é considerado como um indicador universal de desenvolvimento sustentável, por ser fundamental para a melhoria das condições de saúde e higiene. Entretanto, a escassez dos recursos hídricos, o crescimento populacional, o custo para se conseguir uma água potável de qualidade e a busca por um consumo sustentável vêm provocando mudanças em relação ao reaproveitamento de água, principalmente, por meio da captação de águas pluviais (MEDEIROS et al., 2012).

Por outro lado, esse recurso vem se transformando em necessidade virtual, haja vista o consumo exacerbado de água. Em uma comparação feita com o Relatório de Desenvolvimento Humano (PNUD) no ano de 2006, nota-se que, em termos gerais, um cidadão estadunidense gasta mais água em um banho de cinco minutos do que um cidadão de um país emergente que mora em uma favela, no dia inteiro (VON SPERLING, 1996; UEHARA, 2010).

Diante deste cenário, observam-se alguns programas relativos à conservação e ao consumo consciente de água, especialmente em algumas universidades e prédios públicos do Brasil (SILVA, 2006).

3.2. Uso Sustentável da Água em Universidades

Pressupõe-se dizer que vários fatores contribuem para o aumento do consumo da água em uma universidade, podendo-se citar a quantidade de banheiros dentro da

instituição, a frequência da utilização de sanitários, os tipos de torneiras que contém nos banheiros, a rotina na cozinha tanto do restaurante universitário quanto da lanchonete, os sistemas de irrigação das plantas para pesquisas e nas áreas paisagísticas, o uso de água destilada e a lavagem de vidrarias nos laboratórios.

Deste modo, alternativas são discutidas no intuito de utilizar a água de forma consciente e sustentável. Assim, procura-se buscar soluções como a inclusão de programas que contribuam na diminuição do consumo de água por meio de minimização das perdas e desperdícios, norteados com maior racionalidade o seu uso com o auxílio de tecnologias mais avançadas. Como exemplo disso, existem os programas ÁGUAPURA (UFBA - Salvador) o qual foi implantado em 2001, o PNCD, o PURA (USP-SABESP), o Pró-Água (Unicamp) e o PROSAB, (NAKAGAWA, 2009).

O Programa de Uso Racional da Água (PURA), implantado no ano de 1995 na Universidade de São Paulo (USP) em parceria com a companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) foi criado com o objetivo de se reduzir o consumo de água no campus da universidade. Importante saber que a metodologia adotada enfatiza a importância das ações tecnológicas para o controle e redução do consumo de água.

Adicionalmente às medidas de conscientização e instalação de acessórios economizadores, a captação, tratamento e distribuição de águas oriundas de fontes alternativas a da rede de abastecimento também se constituem em decisões estratégicas do ponto de vista financeiro (redução de custos) e acadêmico (envolvimento de professores e alunos no desenvolvimento de sistemas para aproveitamento de água destas fontes). Como referência, pode-se citar o trabalho desenvolvido por Franco (2015), onde foi proposto um sistema alternativo de tratamento de água em escala descentralizada, tendo como afluente a mesma água que abastece a Estação de Tratamento de Água (ETA) da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Neste estudo os pesquisadores utilizaram um reservatório de água de 500 L e tubos de PVC para construção das estações de coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção, viabilizando a execução do projeto.

3.3. Etapas de Tratamento da Água

As características físicas, químicas, microbiológicas e radiológicas das águas naturais traduzem os processos que ocorrem no corpo hídrico em função da alta capacidade de dissolução da água e do transporte pelo escoamento superficial e subterrâneo (FRANCO, 2015).

A NBR 12.226 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, 1992) classifica as águas naturais a fim de indicar o tratamento mínimo necessário para o abastecimento público, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Qualidade de água para tratamento e consumo humano conforme NBR 12.226.

Característica		Tipo de água			
		A	B	C	D
DBO ₅	Média (mgO ₂ /L)	< 1,5	1,5 a 2,5	2,5 a 4,0	> 4,0
	Máxima (mgO ₂ /L)	3,0	4,0	6,0	> 6,0
Coliformes totais	Média mensal (NMP/100mL)	50 a 100	100 a 5.000	5.000 a 20.000	> 20.000
	Máximo (NMP/100mL)	> 100	> 5.000	> 20.000	-
pH		5 a 9	5 a 9	5 a 9	3,8 a 10,3
Cloretos (mg Cl ⁻ /L)		< 50	50 a 250	250 a 600	> 600
Fluoretos (mg F ⁻ /L)		< 1,5	1,5 a 3,0	> 3,0	-
Origem		Bacias sanitariamente protegidas	Bacias não protegidas	Bacias não protegidas	Bacias não protegidas, sujeitas a fontes de poluição
Tratamento mínimo necessário para o abastecimento público		-	Processo de tratamento que não exija coagulação	Exige coagulação	Exige processos especiais de tratamento

Em geral, o tratamento da água é distribuído nas seguintes etapas: oxidação prévia, coagulação e floculação, decantação, filtração e desinfecção. A escolha das etapas depende do tipo de água a ser tratada, baseando-se nas suas características iniciais e no fim desejado da água.

A oxidação prévia tem por objetivo a remoção de ferro e manganês, metais tipicamente encontrados em águas subterrâneas. Uma simples aeração é, em geral, suficiente para oxidar tais metais em suas formas insolúveis. Porém quando há matéria orgânica tem-se a necessidade de um agente oxidante mais poderoso, como o dióxido de cloro.

A coagulação e a floculação subsequente são utilizadas com a vistas à remoção de matéria particulada (partículas de sílica, bactérias, oocistos de protozoários), diminuindo a turbidez da água bruta. A coagulação ocorre pela mistura rápida entre a água bruta e o coagulante, com a finalidade de desestabilizar partículas coloidais não sedimentáveis, de modo a aumentar a capacidade de agregação (MATILAINEN, 2010; VIEIRA, 2009). O uso de semente de *Moringa oleifera* no processo de coagulação tem sido largamente estudado, pois esta possui proteínas catiônicas de baixo peso molecular, as quais, quando solubilizadas em água, agem como eficientes coagulantes para águas naturais e residuárias (AMAGLOH, 2009; MARQUES, 2010). Por ser um coagulante polimérico natural, forma microflocos mais resistentes à erosão nos interstícios do filtro; reduz o uso de alcalinizantes para correção do pH; e proporciona maior facilidade de tratamento e disposição do resíduo final do lodo. Entretanto, pode agregar matéria orgânica à água, dificultando a desinfecção por cloro devido ao potencial de formação de trihalometanos (DAMAYANTI, 2011).

A floculação é a etapa em que ocorre uma mistura lenta do coagulante. O objetivo é permitir que as partículas previamente desestabilizadas se agreguem de modo a formar partículas maiores, os flocos, que possam sedimentar rapidamente.

A decantação consiste na sedimentação dos flocos, ou seja, um bom desempenho nas etapas de coagulação/floculação é essencial para um bom desempenho da decantação, permitindo assim, um melhor desempenho na etapa posterior, a filtração.

Os mecanismos de filtração resultam da ação conjunta dos fenômenos de transporte, aderência e desprendimento das partículas em suspensão que se pretende remover. Em geral, o regime de escoamento na filtração é laminar, de modo que as partículas se movem ao longo de linhas de corrente. Para que sejam removidas, é necessário que os mecanismos de transporte desviem suas trajetórias, conduzindo-as à superfície dos grãos do meio filtrante, e as forças que tendem a mantê-la aderida ao coletor superem as que atuam no sentido de desprendê-las (DALSASSO, 2006). Em águas de pior qualidade é sugerida a implantação de dois sistemas de filtração associados, sendo no primeiro uma filtração direta ascendente e no segundo uma filtração descendente (BOTARI, 2007).

A desinfecção tem por objetivo a eliminação de microrganismos que persistem após as etapas preliminares. A radiação ultravioleta tem sido largamente utilizada para desinfecção de águas, como a inativação de bactérias, vírus e protozoários. Sua utilização em substituição à cloração da água possui a vantagem de evitar a formação

de ácidos haloacéticos e trihalometanos pelo contato com a matéria orgânica presente na água, subprodutos com atividades potencialmente carcinogênicas (GRAPPERHAUS, 2007; KOYVUNEN, 2005).

4. METODOLOGIA PROPOSTA

4.1. Pontos de Coleta e Caracterização da Água

A captação de água subterrânea e superficial será realizada a partir de um poço e um ponto de distribuição da COGERH, respectivamente, ambos localizados no interior do IFCE-Maracanaú. As amostras serão submetidas a análises físicas, químicas e microbiológicas para fins de caracterização de monitoramento da eficiência dos sistemas de tratamento, conforme metodologia padrão (APHA, 2012). Os parâmetros a serem analisados são: pH, cor (uH), turbidez (UNT), oxigênio dissolvido (mgO_2/L), ferro (mg Fe/L), manganês (mgMn/L), sólidos dissolvidos totais (mg/L), cloretos (mgCl^-/L), dureza total (mgCaCO_3/L), DBO (mgO_2/L), DQO (mgO_2/L), condutividade elétrica ($\mu\text{S/cm}$), alcalinidade total (mgCaCO_3/L), coliformes totais (NMP/100mL) e coliformes termotolerantes (NMP/100mL).

4.2. Ensaio de Otimização em Jar Test

Previamente aos estudos de aplicação da metodologia proposta, faz-se necessário a execução de ensaios de otimização das condições reacionais que melhor favoreçam o tratamento da água.

Tipicamente faz-se uso do aparelho Jar Test para determinar as condições ótimas nos estudos de coagulação/floculação/sedimentação no tratamento de água. A metodologia do ensaio será realizada através de um planejamento experimental multivariado, estratégia que reduz o número de repetições e melhora a qualidade da informação obtida pelos resultados. Para esta metodologia serão escolhidas como variáveis independentes o pH (ajustado com carbonato de sódio, Na_2CO_3), a concentração do coagulante (sulfato de alumínio, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) e o tempo de sedimentação. Os experimentos serão delineados segundo estratégia $2^3 + PC$, onde n representa o número de variáveis e PC é o ponto central entre os valores experimentados, totalizando 9 ensaios (realizados em triplicata). O fator de resposta adotado será a redução de turbidez. A tabela 2 mostra a organização dos ensaios nas concentrações definidas na forma codificada e com os valores reais.

Tabela 2. Planejamento experimental para otimização das condições de coagulação/floculação/sedimentação.

Ensaio	Valores codificados			Valores reais		
	pH	Coagulante ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, mg/L)	Tempo de sedimentação (min)	pH	Coagulante ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, mg/L)	Tempo de sedimentação (min)
1	+1	+1	+1	8,0	100,0	60
2	+1	+1	-1	8,0	100,0	10
3	+1	-1	+1	8,0	5,0	60
4	+1	-1	-1	8,0	5,0	10
5	-1	+1	+1	5,0	100,0	60
6	-1	+1	-1	5,0	100,0	10
7	-1	-1	+1	5,0	5,0	60
8	-1	-1	-1	5,0	5,0	10
9	0	0	0	6,5	52,5	35

Adicionalmente aos ensaios acima descritos, sementes de *Moringa oleifera* serão testadas em substituição ao sulfato de alumínio como coagulante, realizando-se planejamento experimental similar, porém com concentrações 100 a 500 mg/L das sementes tratadas conforme Franco (2015), onde se propõe a remoção da casca da semente, seguido de moagem, peneiramento, lavagem com água deionizada e filtração a 125 μm .

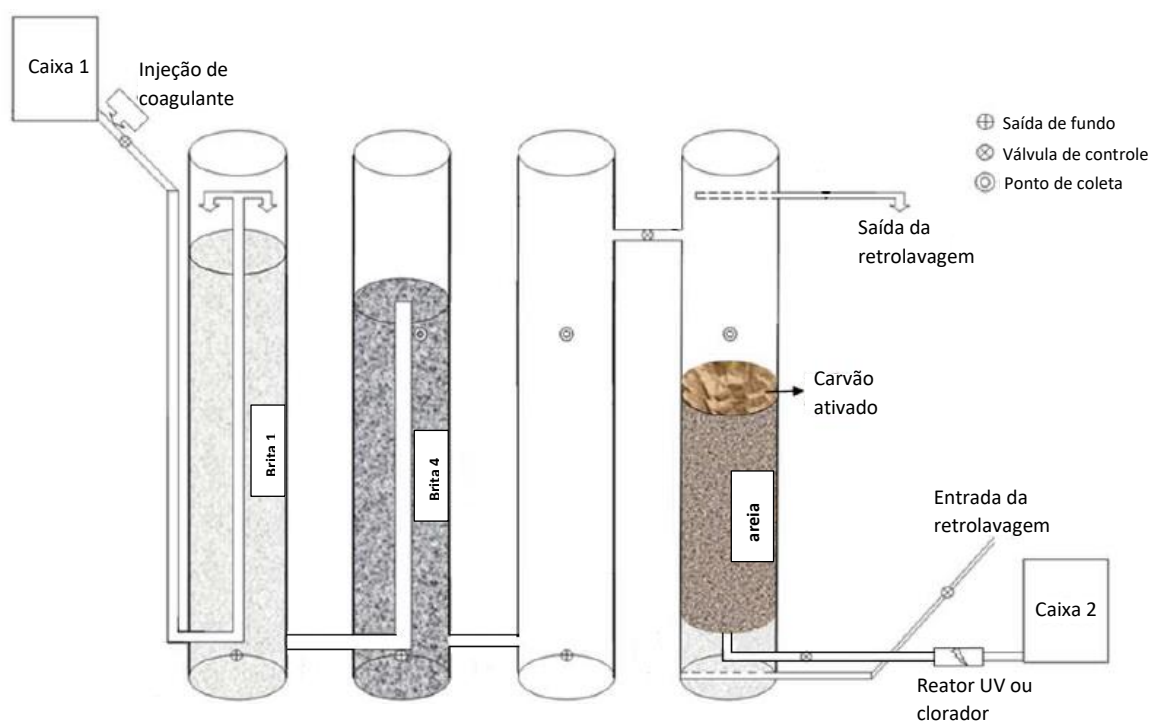
4.3. Construção dos Sistemas de Tratamento de Água

A Estação de Tratamento de Água (ETA) será constituída de um reservatório de água bruta ou subterrânea com capacidade de 500 L, adutora por gravidade de água, estação de tratamento de água, adutora por gravidade de água tratada, sistema de desinfecção e reservatório de água tratada com capacidade de 500 L.

As águas subterrâneas possuem por característica uma baixa turbidez devido ao processo natural de filtração pelo solo, porém podem apresentar elevados teores de Fe e Mn. Para este tipo de água, será executado um processo de oxidação prévia com dióxido de cloro (ClO_2) para fins de conversão destes metais em suas formas insolúveis. O ClO_2 será produzido *in situ* a partir da reação entre ácido clorídrico (HCl) e clorito de sódio (NaClO_2).

Os sistemas de tratamento consistirão de 4 tubos de PVC, sendo o primeiro um floculador preenchido com brita 1 e o segundo outro floculador preenchido com brita 4, o terceiro será um decantador vertical e o último um filtro de fluxo descendente. A Figura 1 apresenta a disposição dos tubos.

Figura 1. Esquema da Estação de Tratamento de Água.



Fonte: adaptado de Franco (2015).

Na primeira unidade de floculação a água entra em contato com o meio granular em fluxo descendente para otimização da mistura com o coagulante, promovendo a floculação das partículas coloidais. O segundo floculador tem funcionalidade semelhante do primeiro, diferenciando-se o diâmetro do meio granular e escoando a água para o decantador vertical de fluxo ascendente. O filtro será constituído em seu inferior de brita 1 granítica, seguido de uma camada de areia, uma pequena camada de carvão ativado, lã de vidro e outra pequena camada de brita 1 granítica para evitar a suspensão do carvão ativado. A metodologia de preparo deste carvão ativado segue etapas de calcinação de resíduos agrícolas, como casca de laranja derivada das indústrias alimentícias de produção de sucos. A eficiência destas etapas de tratamento será avaliada através do monitoramento dos parâmetros físicos e químicos por meio da coleta de água em pontos de amostragem (torneiras) instalados em cada etapa, conforme disposto na Figura 1.

A saída de água da etapa de filtração será direcionada a uma tubulação dotada de um dosador de cloro e uma lâmpada UV-C (germicida) para realização da desinfecção. Ensaios para avaliação de qual metodologia de desinfecção será adotada (cloro, UV ou cloro + UV) serão realizados segundo monitoramento dos parâmetros microbiológicos (coliformes totais e termotolerantes).

A água tratada será direcionada a uma caixa de água de 500 L, posicionada abaixo do ponto de instalação da ETA. O sistema proposto também prevê realização de retrolavagem do tubo destinado à filtração, com sua realização em fluxo ascendente.

5. CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

[illegible]

6. RESULTADOS ESPERADOS

O correto uso da água e o aproveitamento de fontes alternativas deste recurso se constitui em atividade relevante dentro do conceito de sustentabilidade. O IFCE-Maracanaú detém duas fontes alternativas de água além da rede de abastecimento convencional (CAGECE): um ponto de coleta de água subterrânea e um ponto de distribuição de água bruta (COGERH). Atualmente, nenhuma destas fontes estão operantes, sendo necessário um estudo técnico que possibilite o uso das mesmas.

O projeto proposto pretende viabilizar a utilização destas fontes de água através do desenvolvimento de sistemas de tratamento construídos com materiais de baixo investimento, possibilitando a redução dos custos inerentes ao consumo de água da rede de abastecimento atual e oportunizando a aplicação e aprimoramento dos conceitos teóricos abordados em sala de aula através da realização de pesquisas e aulas práticas.

Neste contexto, de forma objetiva esperam-se obter os seguintes resultados:

- Construção de sistemas de tratamento descentralizados para água superficial e subterrânea;
- Aprimoramento por parte do corpo discente dos conteúdos abordados em disciplinas inerentes ao trabalho, como Análises Químicas e Físicas Ambientais e Projeto de Estação de Tratamento de Água no curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do referido Campus;
- Viabilização do uso de água subterrânea através do poço de coleta, justificando a construção do mesmo;
- Redução dos custos referentes ao consumo de água derivada da companhia de abastecimento (CAGECE);
- Destinação correta das águas tratadas (consumo, irrigação ou recreação) baseando-se nas características físicas, químicas e microbiológicas.

REFERÊNCIAS

AMAGLOH, F.K.; BENANG, A. Effectiveness of Moringa oleifera seed as coagulant for water purification. **African Journal of Agricultural Research**, v. 4, n. 1, p. 119-123, 2009.

APHA, **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 22^a ed.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, DC. 2012

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12216**: projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1992. 18p.

BOTARI, A.; DI BENARDO, L. Modelação matemática macroscópica da perda de carga e da remoção de sólidos suspensos totais na filtração direta ascendente. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 12, n. 2, p. 149-159, 2007.

DALSASSO, R.L.; SENS, M.L. Filtração direta com pré-floculação e coagulação com sulfato de alumínio e hidroxícloreto de alumínio: estudo com água de manancial eutrofizado. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 241-249, 2006.

DAMAYANTI, A.; SALIM, Z.U.M.R. The influence of PAC, zeolite and Moringa oleifera as biofouling reducer (BFR) on hybrid membrane bioreactor of palm oil mill effluent (POME). **Bioresource Technology**, Essex, v. 102, p. 4341-4346, 2011.

FRANCO, C.S. Sistema alternativo de tratamento de água em escala descentralizada. 2015. 113p. **Tese**. Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2015.

GRAPPERHAUS, M.; SCHAEFER, R.; LINDEN, K. Modeling of a new UV test cell for evaluation of lamp fluence rate effects in regard to water treatment, and comparison to collimated beam tests. **Journal of Environmental Engineering Science**, v. 6, p. 271-276, 2007.

KOYVUNEN, J.; HEINOVEN-TANSKI, H. Inactivation of enteric micorganisms with chemical disinfectants, UV radiation and combined chemical/UV treatments. **Water Research**, v. 39, p. 1519-1526, 2005.

MARQUES, M.E.H.P. et al. Perspectiva do uso da Moringa oleifera no tratamento artesanal na região do sítio baixa I, no município de Inajá-PE. In: Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão, 10, 2010, Recife. **Anais da Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão**. Recife: UFRPE, 2010. 1 CD ROM.

MATILAINEN, A.; VEPSÄLÄINEN, M.; SILLANPÄÄ, M. Natural organic matter removal by coagulation during drinking water treatment: a review. **Advances in Colloid and Interface Science**, Amsterdam, v. 159, p. 9, 2010.

MEDEIROS, G.A; JÚNIOR, O.O.C.; VACARI, G.B. Potencialidades do reuso da água: estudos de caso no setor sucroalcooleiro e universitário. **Revista Engenharia Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 3-16, 2012.

NAKAGAWA, A.K. Caracterização do consumo de água em prédios universitários: o caso da UFBA. 2009. 207p. **Dissertação**. Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

SILVA, G.S.; TAMAKI, H.O.; GONÇALVES, O.M. Implementação do programa de uso racional de água em campi universitários. **Ambiente Construído**, v. 6, n. 1, p. 49-61, 2006.

UEHARA, T.H.K.; OTERO, G.G.P.; MARTINS, E.G.A.; PHILIPPI JR, A.; MANTOVANI, W. Pesquisas em gestão ambiental: análise de sua evolução na Universidade de São Paulo. **Ambiente e Sociedade**, v. 13, p. 165-185, 2010.

VIEIRA, P. Avaliação de desempenho de estações de tratamento de água. **Águas & Resíduos**. Lisboa, v. 3, n. 9, p. 4-17, 2009.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais. 1996, 243p.