

# Objeto de aprendizagem para apoio ao processo ensino-aprendizagem de seleção de tecnologias para tratamento de água em caldeiras

## Learning object to support the teaching-learning process of selection of technologies for water treatment in boilers

José Luis Soriano LISKAUSKAS <sup>1</sup>; Edilson Carlos CARITÁ <sup>2</sup>

Recebido: 10/12/2017 • Aprovado: 13/12/2017

### Conteúdo

1. Introdução
  2. Revisão de Literatura
  3. Metodologia
  4. Resultados
  5. Conclusão
- Referências bibliográficas

#### RESUMO:

O objetivo desse estudo é apresentar o desenvolvimento de um objeto de aprendizagem para simulação de seleção de tecnologia adequada para tratamento de água bruta a ser utilizada em caldeiras. O OA foi implementado utilizando-se o Access versão 2016 por meio de macros e códigos VBA. A linguagem UML também foi usada para mapear os processos sistêmicos antes da implementação do OA. O ambiente desenvolvido auxiliará no estudo de seleção de tecnologias para tratamento de água em caldeiras.

**Palavras chave:** Tratamento de Água de Caldeira. Objeto de Aprendizagem. Processo de Ensino-aprendizagem. Tecnologia da Informação e Comunicação.

#### ABSTRACT:

The objective of this study is to present the development of a learning object for simulation of selection of suitable technology for treatment of raw water to be used in boilers. The LO was implemented using Access version 2016 through macros and VBA codes. The UML language was also used to map the systemic processes before the LO implementation. The developed environment will aid in the study of selection of technologies for water treatment in boilers.

**Keywords:** Boiler Water Treatment. Learning Object. Teaching-learning Process. Technology of Information and Communication.

## 1. Introdução

A água bruta que é utilizada na alimentação de reservatórios de caldeiras provém de fontes naturais como rios, poços, lagos, córregos e água subterrânea e dependendo da sua origem pode conter substâncias dissolvidas ou partículas em suspensão que interferirão no funcionamento e na vida útil da caldeira.

Para minimizar os efeitos prejudiciais da água bruta que alimenta o reservatório de uma caldeira é possível selecionar alguns tratamentos que reduzirão ou até mesmo sanarão os problemas de corrosão, incrustação e arraste. As tecnologias para o tratamento de água de alimentação para caldeiras mais utilizadas podem ser por abrandamento, desmineralização ou osmose reversa.

Esse contexto de análise de água e definição de quais tecnologias podem ser utilizadas estão presentes na formação de diversos profissionais da área técnica ou de engenharia, em um processo ensino-aprendizagem tradicional, apresenta-se ao educando teorias e equações para que ele possa realizar os cálculos e tomar as decisões. Contudo, nem sempre é possível exemplificar e testar diferentes situações, bem como avaliar os resultados das combinações não assertivas das variáveis.

O ensino na área de engenharia, contemporaneamente, vem recebendo o auxílio da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) para o processo ensino-aprendizagem, principalmente, nas atividades em que o educando precisa adquirir competências e habilidades técnicas e, isso ocorre, majoritariamente, por meio de simulações computacionais, que também podem ser chamadas de objetos de aprendizagem.

Segundo Gavira (2003), utilizando um *software* de simulação é possível desenvolver no aluno uma visão sistêmica, capacidade de tomar decisões, organização e elaboração do conhecimento.

A simulação permite ao aluno tomar decisões em um ambiente virtual de acordo com cada situação de ensino-aprendizagem sem correr o risco de danificar máquinas ou equipamentos reais, motivando e desenvolvendo suas competências. Assim, o papel do docente será de um mediador, fornecendo informações para que o aluno desenvolva o seu conhecimento e sua competência para determinado assunto, promovendo, um aprendizado mais ativo do educando.

Ainda é possível ressaltar, que por meio de objetos de aprendizagem, o educando poderá realizar várias vezes os experimentos sem necessidade de insumos, visualizando os diferentes resultados que ocorrerão com as diversas combinações de variáveis.

Em uma simulação computacional referente a seleção da tecnologia para tratamento de água em caldeiras para permitir o gerenciamento dos insumos presentes para tornar o processo de tratamento de água da caldeira mais eficiente, é necessário garantir que a água que alimentará a caldeira saia livre de sólidos totais, pois esses causam problemas de arraste, contaminação das resinas, entupimento nas tubulações e precipitação na caldeira.

Outro problema que deverá ser contemplado na simulação computacional é em relação ao ferro que pode causar a perda da eficiência na troca de íons pela resina, caso a opção de tratamento seja por desmineralização; há também a alcalinidade que em níveis acima do permitido pela Agência Nacional de Águas (ANA) pode causar, nas partes internas, a decomposição pela ação do calor na caldeira, tornando a água excessivamente alcalina; o CO<sub>2</sub> gerado pela decomposição térmica que provoca a redução do pH na linha do condensado com corrosão

progressiva e ainda os gases dissolvidos (O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>) que podem provocar corrosão do sistema de alimentação da caldeira e do sistema de recuperação do condensado.

Portanto, simular todos os parâmetros citados anteriormente por meio de um objeto de aprendizagem seria uma importante estratégia pedagógica para apoiar os alunos no seu processo ensino-aprendizagem no que se refere a temática seleção de tecnologia adequada para o tratamento de água bruta para caldeiras.

O objetivo desse estudo é apresentar o desenvolvimento de um objeto de aprendizagem para simulação de seleção de tecnologia adequada para o tratamento de água bruta a ser utilizada em caldeiras.

---

## 2. Revisão de Literatura

### 2.1 Objeto de Aprendizagem(OA)

Segundo Wiley (2000), Objeto de Aprendizagem (OA) é definido como uma entidade, digital ou não-digital, que pode ser usada, reusada ou referenciada durante o ensino com suporte tecnológico. Exemplos de ensino com suporte tecnológico incluem sistemas de treinamento baseados no computador, ambientes de aprendizagem interativa, sistemas instrucionais auxiliados por computador, sistemas de educação a distância e ambientes de aprendizagem colaborativa. Exemplos de OA incluem conteúdo multimídia, conteúdos instrucionais, objetos de ensino, *software* instrucional e *software* em geral, bem como pessoas, organizações ou eventos referenciados durante a aprendizagem apoiada por tecnologia.

Para Braga e Menezes (2014), um conteúdo didático utilizado no processo de ensino-aprendizagem pode ser comumente chamado de OA. Esses objetos podem ser utilizados como ferramentas para apoiar o professor a criar novas estratégias de ensino visando favorecer a apropriação do conhecimento pelo estudante.

Ainda conforme Braga e Menezes (2014), os OA devem possuir características que favoreçam o reuso e a aprendizagem, sendo elas:

- Habilidades didático-pedagógicas: o OA deve ser capaz de mostrar ao aluno o objetivo do aprendizado a que se propõe. É desejável também fornecer *feedback* suficiente para facilitar o aprendizado do aluno.
- Disponibilidade: o OA deve ser indexado e armazenado de maneira que possa ser facilmente encontrado.
- Acessibilidade: o OA pode ser acessado por diferentes dispositivos, diferentes contextos (exemplo, velocidade de conexão diferente) e, principalmente, possuir versão adaptada para diferentes tipos de usuários (deficientes visuais, motores, idosos etc).
- Precisão: o OA deve sempre apresentar resultados precisos e dentro do esperado.
- Confiabilidade: o OA não deve possuir nenhum defeito técnico de uso ou erros no conteúdo pedagógico apresentado por ele.
- Portabilidade: o OA deve funcionar em diversos cenários, como diferentes sistemas operacionais, Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) e dispositivos distintos (celular, *notebook*, *smartphone*, entre outros).
- Facilidade de instalação: o OA deve ser fácil de ser instalado.
- Interoperabilidade: o OA, se necessário, deve exportar dados para diferentes tipos de sistemas de informação.
- Usabilidade: o OA deve ser de fácil uso e estar de acordo com os padrões comumente respeitados de usabilidade.

Os OA, segundo a Rede Internacional Virtual de Educação – RIVED (BRASIL, 2007), são quaisquer recursos capazes de facilitar a aprendizagem, desde que permitam, por meio de seu uso, o advento de processos críticos-reflexivos e de raciocínio abstrato por parte do usuário que o manipula. São capazes de agregar diferentes e inovadoras abordagens pedagógicas ao uso do computador como ferramenta de apoio ao ensino-aprendizagem.

### 2.2 Caldeiras

A caldeira é um equipamento que tem como finalidade gerar vapor por meio de uma troca térmica entre o combustível e a água, este equipamento construído com chapas e tubos faz com que a água aqueça e passe do estado líquido para o gasoso, aproveitando o calor liberado pelo combustível que faz com que as partes metálicas da mesma se aqueçam e transfiram calor à água produzindo o vapor (LEITE; MILITÃO, 2008).

A energia necessária para operação, isto é, o fornecimento de calor necessário para que a água aqueça até alcançar a temperatura de ebulição, mais o calor latente a fim de vaporizar a água e mais o calor de superaquecimento para transformá-la em vapor superaquecido, é dada pela queima de um combustível (LEITE; MILITÃO, 2008).

As entradas do lado do fogo da caldeira são o combustível e o ar de combustão que serão queimados na câmara de combustão. Durante a combustão ocorre uma conversão de energia química do combustível em energia térmica (calor), que aquece a água para gerar vapor.

A geração do vapor ocorre com a transferência de calor das paredes metálicas dos tubos devido ao calor que passa dentro deles e a água que está circundando os tubos. Para a Agência Nacional de Águas - ANA (2009), o lado do fogo, o lado da água e a câmara de combustão são isolados por uma parede com tijolos refratários para reprimir perdas de calor para o ambiente.

A água ao ser aquecida circula pelos tubos e realiza o seu aquecimento e o vapor gerado é encaminhado para o tubulão superior. Quando o vapor produzido é consumido, ocorre uma diminuição da água no tubulão da caldeira e a válvula nível de entrada de água é aberta para restabelecer o nível no tubulão da caldeira, a água fria entra e desce até o tubulão inferior e a água quente sobe devido a sua densidade. O nível do tubulão é ajustado para trabalhar em 50% (ANA, 2009).

Durante o processo de transferência de calor há um resfriamento dos gases em função da condutividade dos tubos. O maior resfriamento dos gases indica uma maior transferência de calor.

#### 2.2.1. Tratamento externo

O processo de abrandamento se dá quando a água dura, maior que 0,3 mg/L passa por uma coluna de resina aniônica, composta por cloreto de sódio (NaCl), a uma concentração de 8 a 15% que por meio de reação química substitui o cálcio (carbonato de cálcio CaCO<sub>3</sub> ou o sulfato de cálcio CaSO<sub>4</sub>), e o fosfato de magnésio em um processo contínuo até esgotar os mesmos, sendo necessária a regeneração que consiste em parar o processo contínuo e substituir a água tratada por uma solução de cloreto de sódio para a recomposição do cátion utilizado no tratamento químico da água de alimentação da caldeira e a remoção do cálcio e do magnésio presentes no aparelho de regeneração (GENTIL, 2007).

Ainda segundo Gentil (2007), após a regeneração da coluna de resinas é feito o *startup* do processo de tratamento da água da caldeira. A etapa de regeneração da água bruta depende da quantidade de resina no aparelho e da qualidade da água. Geralmente, é adotado um tempo de 30 horas, sendo de 60 a 70 minutos, destinados à regeneração.

O processo de desmineralização consiste em abastecer com água desmineralizada a caldeira que possua um aparelho de troca de ânions e cátions conforme as características de qualidade da água bruta, mais outros equipamentos que completam o processo de tratamento de água, tais como os preparadores das soluções regenerativas, bombas dosadoras e aparelhos registradores.

Segundo Rovani (2012), a osmose em si é um processo natural que ocorre quando duas soluções, de concentrações diferentes, estão sendo separadas por uma membrana semipermeável, ou seja, permeável para solventes, e impermeável para solutos com porosidade suficiente para

que passe somente água e nada mais. A pressão osmótica pressiona a água do meio diluído para o meio mais concentrado, a fim de se atingir um equilíbrio na concentração de ambos.

Como o próprio nome já diz, na osmose reversa, o processo é reverso ao da osmose normal, sendo assim, a osmose reversa nada mais é do que uma inversão no sentido desse fluxo, a água passa do meio mais concentrado para o mais diluído.

Conforme Rovani (2012), a osmose reversa é obtida por meio da aplicação de uma pressão superior à pressão osmótica do lado da solução mais concentrada. No tratamento de água para as caldeiras isso é obtido pressionando-se a solução por meio de uma bomba de alta pressão e passando **essa solução por um vaso de pressão onde está contida a membrana, vaso permeador**. A água pura e a solução agora mais concentrada são retiradas de forma contínua, de modo que a pressão osmótica e a concentração de sais se mantenham em nível aceitável para que o processo não seja interrompido. A água assim obtida é denominada de produto e a solução concentrada de rejeito.

### 2.2.2. Tratamento interno

Segundo Oliveira (2007), o método aplicado para o tratamento de água bruta de baixa dureza é por meio da adição de produtos químicos na água já no interior da caldeira. O produto mais utilizado neste tipo de tratamento é trifosfato de sódio, e o método mais econômico de se tratar água de caldeira consiste na aplicação de sais no tubo de injeção da caldeira ou por um dosador de modo contínuo. O lodo é o resíduo formado pelas reações químicas que se deposita nas paredes inferiores da caldeira, por descargas alternadas é descartado. Por meio da precipitação dos sais de cálcio pela reação do fosfato não permitindo a aderência do mesmo nas paredes da tubulação da caldeira, tornando solúveis os sais que deixavam a água de alimentação da caldeira dura. O controle de pH é aplicado na água da caldeira para manter o valor entre 8,3 e 10,0.

## 3. Metodologia

O estudo foi elaborado considerando o levantamento de dados das impurezas que podem compor as águas para abastecimento das caldeiras, os tipos de tratamentos existentes e os possíveis problemas que as impurezas contidas pelas águas de abastecimento das caldeiras causarão em seus internos, se a seleção de tecnologia para o tratamento de água em caldeiras não for correta.

Os dados necessários para as análises de seleção de tecnologia para o tratamento de água em caldeiras foram armazenados no gerenciador de dados Access versão 2016 da empresa *Microsoft Corporation*.

A programação no Access se deu por meio de macros e códigos *Visual Basic for Applications (VBA)*.

Para o desenvolvimento do OA foi utilizado um *notebook* com um processador de 2,17 GHz, 4 GB de memória *Random Access Memory (RAM)*, sistema operacional Microsoft Windows 7 de 32 *bits* e 150 GB de *Hard Disc (HD)*.

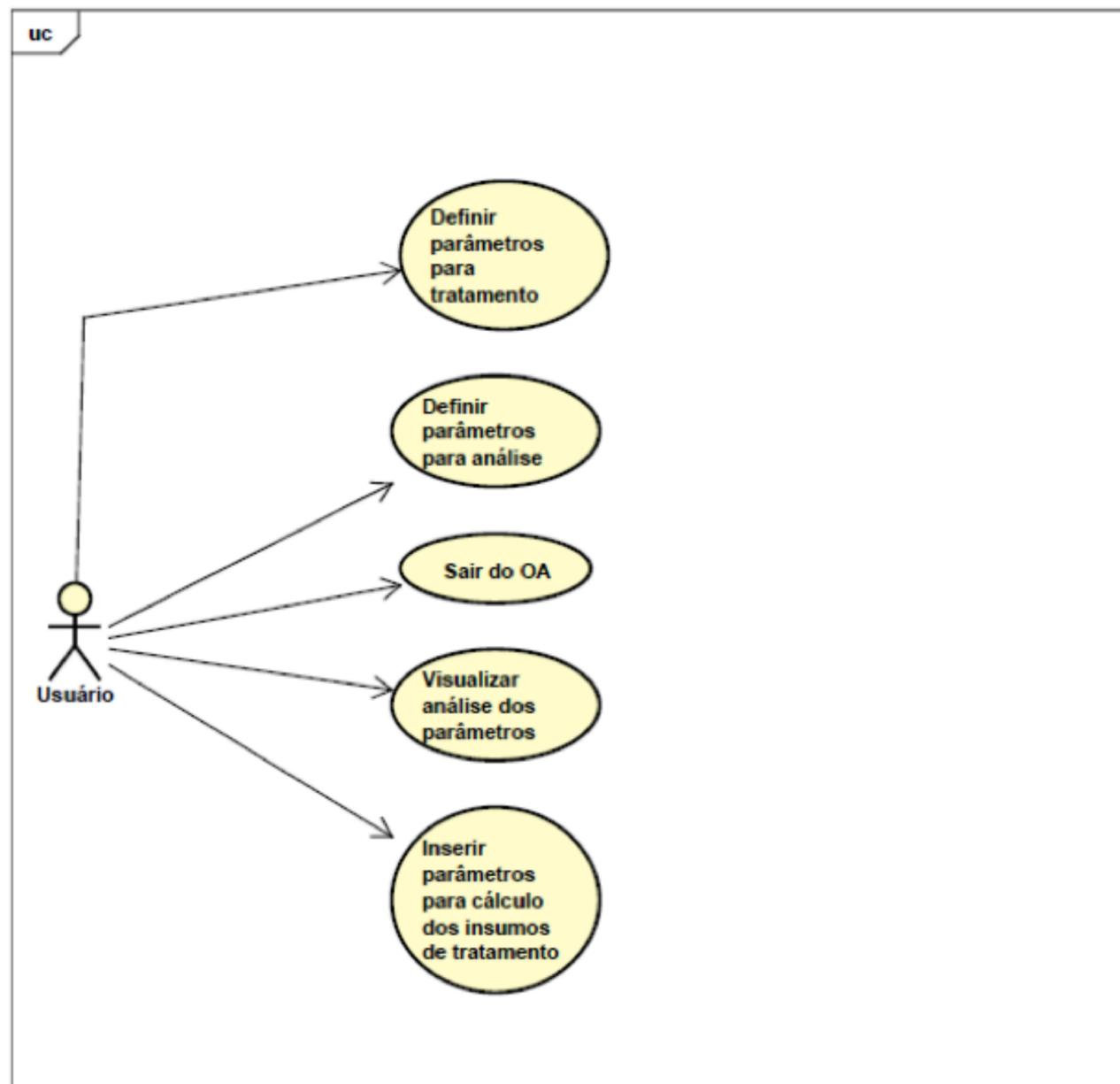
Para a elaboração do OA foi necessário detalhar os parâmetros básicos de tratamento de água para caldeiras de baixa, média e alta pressão e um Diagrama *Use Case* foi desenvolvido para ilustrar a definição dos processos do OA elaborado com a ferramenta *Astha Community 7.1.0/f2c212 - Model Version 37*.

## 4. Resultados

Na Figura 1 é apresentado o Diagrama *Use Case* onde foram descritos cada processo do OA, contendo todos os itens importantes para o seu entendimento, dessa forma, foi possível mapear todos os principais parâmetros para o uso do OA.

No processo apresentado no Quadro 1 considerou-se que o usuário já possui um laudo contendo a análise da água da caldeira que pode estar em funcionamento ou ser a água de caldeira que será posta em funcionamento. A função do usuário é selecionar a opção que melhor atenda ao seu objetivo.

**Figura 1**  
Definição de parâmetros da qualidade da água para caldeiras.



**Quadro 1**  
Processo definir parâmetros para tratamento

PROCESSO	Definir parâmetros para tratamento
ATOR	Usuário
DESCRIÇÃO	Na tela menu o usuário inicia o processo selecionando uma das opções que pode ser: definição de parâmetros ou definição de tratamento. Para que o usuário possa selecionar a opção correta, ele já deve ter um embasamento teórico sobre a função de cada opção da tela principal. Uma vez selecionada definição de parâmetros, o usuário deverá inserir as informações sobre o tipo de caldeira a ser utilizada e os valores dos parâmetros analisados em laboratório que serão inseridos no OA. Se a opção foi definição de tratamento o usuário deverá além de saber qual o tipo da caldeira a ser utilizada, o tipo de tratamento de água para caldeira escolhida.

O processo apresentado no Quadro 2 ilustra o momento após a definição dos parâmetros, portanto, o usuário já sabe que após selecionar o tipo de caldeira os dados do laudo contendo os valores dos parâmetros da água da caldeira deverão ser digitados no OA e depois de inseridos, o botão com a opção visualizar deverá ser pressionado para que seja mostrado pelo OA quais os parâmetros não foram especificados corretamente. Os resultados obtidos poderão ser armazenados em arquivos para futuras consultas.

**Quadro 2**  
Processo definir parâmetros para análise

PROCESSO	Definir parâmetros para análise
ATOR	Usuário
DESCRIÇÃO	Nesta tela, o usuário selecionará o tipo de caldeira que utilizará, na sequência aparecerá uma tela com os parâmetros da água considerada ideal de acordo com a norma regulamentadora e, assim, poderá inserir os dados da água que passou por análise em laboratório no OA. No final o usuário pressionará o botão visualizar para que o OA compare os parâmetros e mostre o resultado. O processo tem como parâmetro principal o tipo da caldeira em função da sua pressão de trabalho em kgf/cm <sup>2</sup> , que uma vez selecionado faz com que a tela Parâmetros - ANA de referência seja fechada e o usuário possa inserir os parâmetros da água obtidos por meio de análise em laboratório.

No processo apresentado no Quadro 3 o usuário tem a opção de finalizar o OA, uma janela aparecerá e perguntará se realmente o usuário deseja finalizar ou não o OA.

**Quadro 3**  
Processo sair do OA

PROCESSO	Sair do OA
ATOR	Usuário
DESCRIÇÃO	Esta opção permite ao usuário confirmar ou não a finalização do OA. Ao finalizar o OA o mesmo não salva os últimos dados automaticamente, para salvar os dados há um botão Salvar Dados na tela de Definição de Parâmetros que deve ser pressionado.

No processo descrito no Quadro 4 o usuário após ter inserido os parâmetros da água da caldeira que deseja analisar e ter pressionado o botão visualizar, o resultado contendo os parâmetros que estão fora de especificação conforme a norma ANA serão mostrados na tela do OA com a cor de fundo vermelha, juntamente com o número de ocorrências que houveram, os problemas que ocorrerão com a utilização daquela água, as consequências, as causas e as opções de tratamento para os parâmetros da água da caldeira que não estão em conformidade com a norma.

**Quadro 4**  
Processo visualizar análise dos parâmetros

PROCESSO	Visualizar análise dos parâmetros
ATOR	Usuário
DESCRIÇÃO	Após a escolha do tipo da caldeira pela sua capacidade de produção de vapor, os dados da água da caldeira obtidos por meio de análise de laboratório são inseridos pelo usuário no AO. Ao final o usuário deverá pressionar o botão visualizar e será apresentada uma comparação dos valores de referência com os valores da água da caldeira (ocorrências e tratamento).  No campo ocorrências ainda são mostrados o número de ocorrências e para cada ocorrência as consequências e suas possíveis causas.  No campo tratamento são mostradas as impurezas detectadas que estão fora da

especificação da norma ANA, para o tipo de caldeira selecionada, o problema que poderá causar na caldeira se for mantida aquela água com aquelas impurezas e ainda os tipos de tratamento da água da caldeira que poderão ser utilizados dos mais simples até os mais avançados para retirar as impurezas detectadas. Os resultados dos parâmetros contidos na água que está sendo utilizada na caldeira podem ser salvos em arquivos com extensão *Portable Document Format* (PDF) para futuras consultas pressionando a tecla Salvar Dados ou podem ser descartados pressionando a tecla Refazer. Pressionando o botão Simulações Realizadas é possível visualizar as simulações que foram salvas pelo usuário.

No processo contextualizado no Quadro 5 detalha-se como calcular o quanto será gasto com insumos se a caldeira for do tipo aquatubular ou fogotubular com o tratamento de água por osmose reversa ou por demineralização cátion/ânion. O usuário deverá selecionar na tela principal do OA a opção definição de tratamento e então digitar os valores de cada um dos insumos que serão utilizados para cada tipo de caldeira e tratamento e ao final pressionar o botão calcular. Se o usuário quiser poderá salvar em arquivo o resultado obtido ou imprimi-lo.

**Quadro 5**

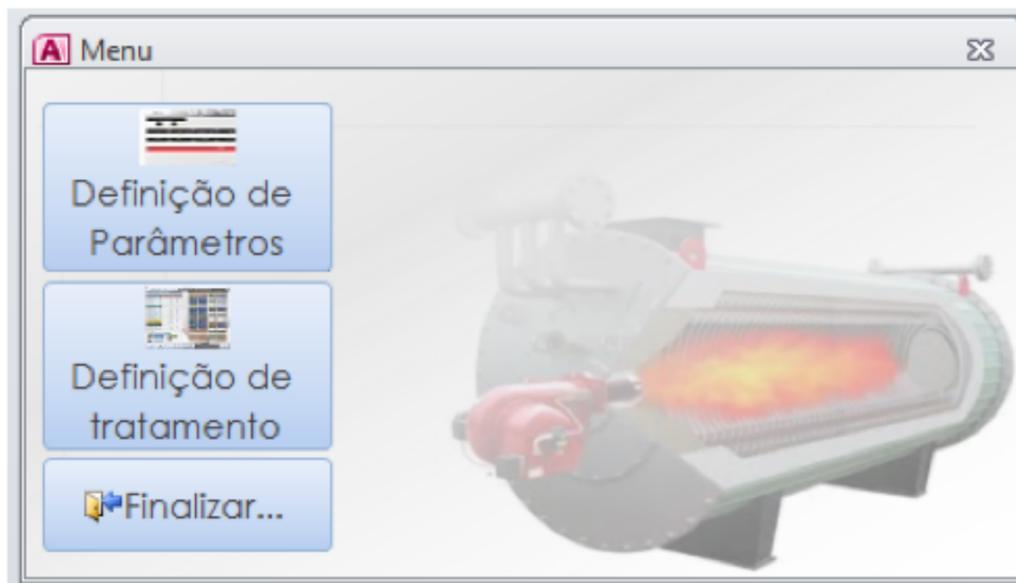
Processo inserir parâmetros para cálculo dos insumos de tratamento

PROCESSO	Inserir parâmetros para cálculo dos insumos de tratamento
ATOR	Usuário
DESCRIÇÃO	Se opção de tratamento da água que está no interior da caldeira for por desmineralização cátion/ânion ou por osmose reversa o usuário poderá utilizar como opção o botão de definição de tratamento que ajudará o usuário a determinar quanto de insumo está sendo utilizado em meses ou anos, incluindo gastos com operação, energia elétrica e água para manter o sistema funcionando. Não é obrigatório o uso das duas opções do OA, ou seja, as duas funções são autônomas. A opção Definição de Tratamento torna possível calcular o custo de todos os produtos químicos, mão de obra e energia que são utilizados no tratamento de água externo e interno de uma caldeira de pequeno, médio ou de grande porte. Da mesma forma que a opção Definição de Parâmetros, nesta tela é possível calcular os insumos necessários para o tratamento externo e interno da água de alimentação da caldeira, é possível também salvar os dados calculados, imprimir os dados ou salvar os dados calculados em formato PDF, assim como, limpar os dados calculados e realizar novos cálculos.

O OA desenvolvido para seleção de tecnologias para o tratamento de água em caldeiras determina o tipo de tratamento adequado da água de alimentação da caldeira por meio da faixa de pressão de trabalho da caldeira, parâmetros físicos e químicos que foram analisados (impurezas), que estão contidas na água bruta.

Na Figura 2 apresenta-se a tela onde o usuário pode selecionar qual a opção deseja utilizar, sendo as opções: definição dos parâmetros, definição de tratamento ou sair.

**Figura 2**  
Tela Principal



Na Figura 3 demonstra-se que ao selecionar a opção definição de parâmetros, o usuário terá acesso a tela em que deverá escolher qual será a faixa de pressão de trabalho da caldeira, conforme orientação numérica crescente na opção parâmetros - pressões (kgf/cm<sup>2</sup>), os valores numéricos vão de 1 a 8, sendo que o valor 1 corresponde a faixa de pressão de 0 a 21,1 kgf/cm<sup>2</sup>, o valor 2 corresponde a faixa de pressão de 21,1 a 31,6 kgf/cm<sup>2</sup>, o valor 3 a faixa de pressão será de 31,6 a 42,2 kgf/cm<sup>2</sup>, a opção 4 de 42,2 a 52,7 kgf/cm<sup>2</sup>, a opção 5 de 52,7 a 63,3 kgf/cm<sup>2</sup>, a opção 6 de 63,3 a 70,3 kgf/cm<sup>2</sup>, a opção 7 de 70,3 a 105, 5 kgf/cm<sup>2</sup> e a opção 8 de 105,5 a 140,6 kgf/cm<sup>2</sup>, os parâmetros padrões de qualidade na água de alimentação e os parâmetros padrões de qualidade na água da caldeira serão mostrados em uma tela adicional.

Na sequência uma nova tela aparecerá contendo a faixa de pressão de trabalho da caldeira selecionada pelo usuário, e também os padrões de qualidade da água de alimentação e os padrões da qualidade na água da caldeira (Figura 4). Na tela de parâmetros, em qualidade da água de alimentação da caldeira são mostrados os parâmetros de Oxigênio Dissolvido OD (mg/L), ferro total (mg/L), cobre total (mg/L), dureza total (mg/L), carbono orgânico total COT (mg/L), óleos e graxas OG (mg/L) e pH (a 25°C). Em qualidade na água da caldeira são mostrados os valores de sílica (mg/L), alcalinidade total (mg/L), condutividade (mg/L) e sólidos totais dissolvidos STD (mg/L).

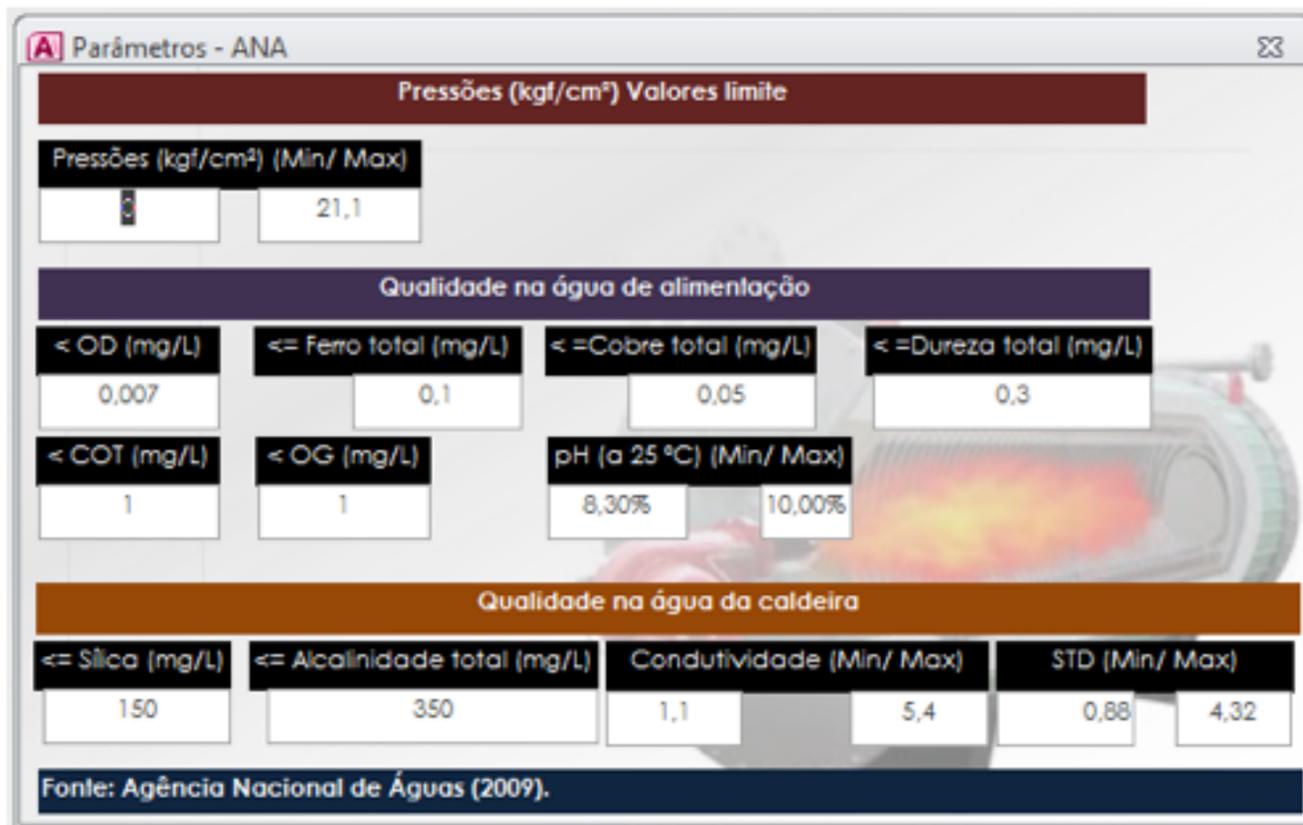
**Figura 3**

Tela de definição da faixa de pressão de trabalho da caldeira.



-----  
**Figura 4**

Tela da qualidade da água de alimentação e qualidade da água na caldeira



Na Figura 5 é mostrada a seleção da faixa de pressão de trabalho da caldeira, os parâmetros padrões de tratamento da qualidade da água de alimentação da caldeira e os parâmetros padrões da qualidade na água da caldeira, os valores dos parâmetros que se deseja inserir no OA devem ser digitados pelo usuário em seus respectivos campos, logo após pressionar o botão visualizar, para que sejam mostrados os resultados obtidos de acordo com a análise dos parâmetros inseridos no OA em relação aos parâmetros que são os valores padrões.

A quantidade de ocorrências é mostrada na tela em forma numérica no campo número de ocorrências. Trata-se de quantos problemas poderão surgir se a caldeira utilizar a água de alimentação contendo aqueles parâmetros que estão fora de especificação em relação aos valores da ANA. Os problemas que podem surgir com a água de alimentação da caldeira são a incrustação, a corrosão e o arraste.

Na incrustação os parâmetros que podem estar fora da faixa adequada são:

- Os óleos e graxas causam espuma na água da caldeira e incrustação na área de troca térmica. O tratamento adequado será filtração com carvão ativado e tratamento de separação por flotação.
- A sílica e a dureza causam depósitos no interior dos tubulões ou nas superfícies de troca térmica e pode gerar expansão e rompimento dos tubos de evaporação. O tratamento recomendado é desmineralização ou água abrandada.

Na corrosão os parâmetros que podem estar fora da faixa adequada são:

- Os gases dissolvidos, que causam a corrosão na linha de alimentação de água e na linha do condensado. Os tratamentos recomendados são desaeração e o uso de amina volátil.
- O ferro causa perda da eficiência por troca de íons pela resina e corrosão secundária na caldeira. Os tratamentos recomendados são desmineralização, coagulação e sedimentação e oxidação e filtração.
- A alcalinidade causa decomposição pela ação do calor na caldeira tornando a água excessivamente alcalina e o CO<sub>2</sub> gerado pela decomposição térmica provoca a redução do pH na linha do condensado com corrosão progressiva. Os tratamentos recomendados podem ser o uso de amina volátil, abrandamento por um tratamento de alcalinização.

No arraste os parâmetros que podem estar fora da faixa adequada são os sólidos totais que causam contaminação das resinas, entupimento nas tubulações e precipitação na caldeira, deterioração da pureza do vapor e diminuição da eficiência da caldeira. Os tratamentos recomendados podem ser desmineralização, filtração ou coagulação.

Os dados mostrados na tela do OA podem ser salvos em formato eletrônico com extensão PDF pressionando o botão salvar dados ou impresso na forma de relatório (Figura 5).

A cor de fundo dos parâmetros que estão fora de especificação na tela de resultados poderá ser visualizada em cor diferente para facilitar a identificação por parte dos usuários.

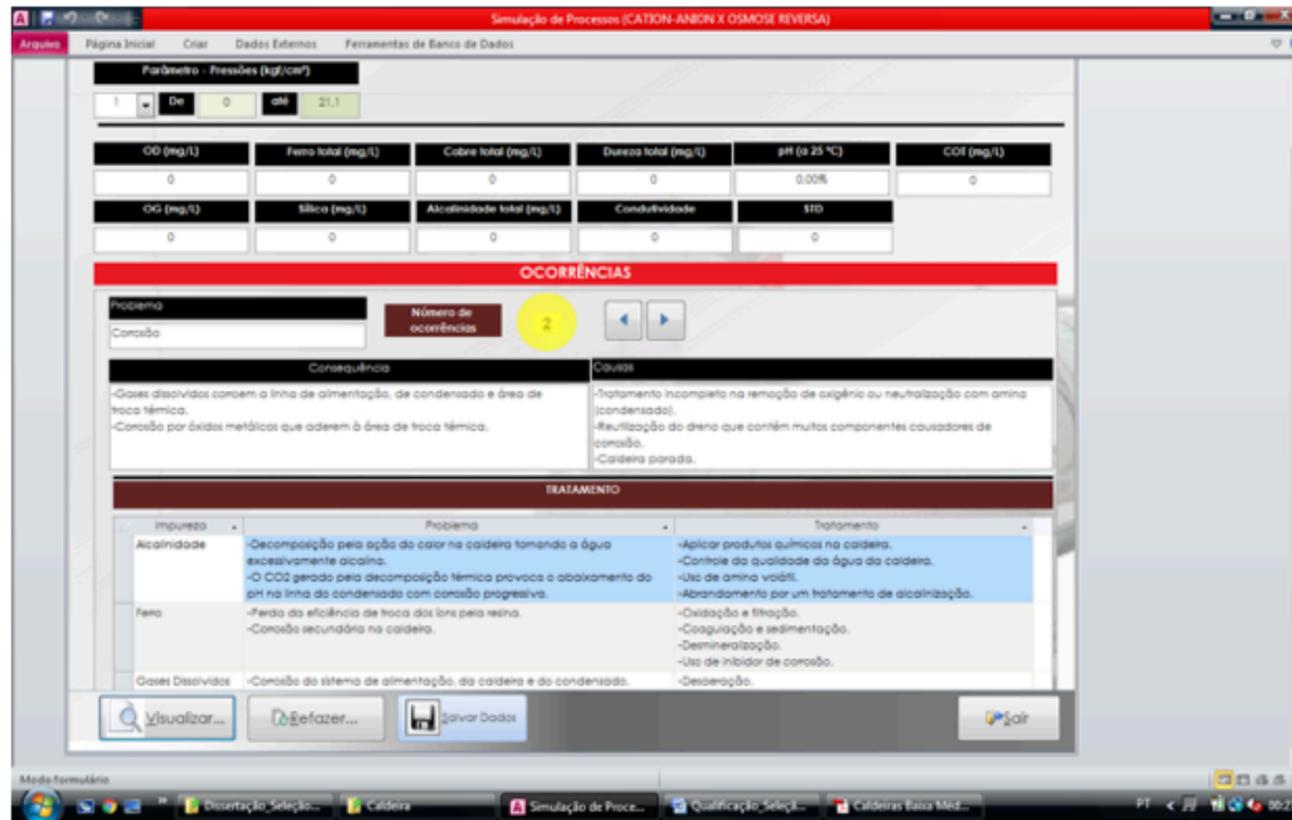
Na Figura 6 é apresentado que selecionando-se a opção "definição de tratamento" aparece uma tela onde o usuário deverá escolher o tipo de caldeira, aquatubular ou fogotubular e o tipo de processo desmineralização cátion/ânion ou osmose reversa. Na sequência o usuário deverá preencher as variáveis de cálculo de acordo com o tipo de caldeira e a tecnologia de tratamento de água escolhida.

Após o usuário informar os valores unitários das variáveis de cálculo: produtos químicos (kg), consumo de água (m<sup>3</sup>), energia elétrica (kw/h), operadores (un) e manutenção, deve-se pressionar o botão calcular e os resultados dos cálculos mensais e anuais serão mostrados em custo operacional, relativo às tecnologias de tratamento de água em caldeira por desmineralização cátion/ânion ou por osmose reversa.

Para o parâmetro produtos químicos (kg), serão mostrados os valores de custo mensal e anual de ácido clorídrico, soda cáustica e anti-incrustante.

No parâmetro consumo de água (m<sup>3</sup>), serão mostrados os valores de custo mensal e anual de regeneração cátion, regeneração ânion, lavagem do filtro carvão, regeneração da osmose e rejeito da osmose.

**Figura 5**  
Resultado dos parâmetros inseridos



Para o parâmetro manutenção será mostrada a reposição de resinas (L) e reposição de membranas (pç).

O usuário terá a opção de salvar os resultados dos cálculos em arquivo eletrônico no formato PDF, imprimir o arquivo salvo, limpar a tela e realizar novos cálculos ou finalizar o OA, voltando para a tela principal.

Discute-se que o mundo está em constante avanço tecnológico e, as informações são transmitidas para qualquer parte do mundo em tempo real. Em todos os setores da vida das pessoas a tecnologia está presente, a telefonia é capaz de trazer as informações instantaneamente por meio dos *smartphones* e na educação não pode ser diferente, os usuários dessas tecnologias estão acostumados a ter todas informações que necessitam de forma rápida, porém, superficiais. Por isso, o OA foi desenvolvido para ser aplicado na área de exatas do ensino técnico e/ou de graduação para apoiar o processo de ensino-aprendizagem de seleção de tecnologias para tratamento de água em caldeiras, e tem como objetivo facilitar a compreensão pelos usuários desse processo de forma simulada, possibilitando ao usuário refazer as simulações quantas vezes desejar, permitindo, assim, uma aprendizagem interativa.

**Figura 6**  
Simulação de Processos



Segundo Mandello (2008), a utilização de OA na educação, como por exemplo, na área de exatas dos cursos técnicos e/ou de graduação pode melhorar o interesse dos usuários em estudar essas matérias que geralmente são consideradas de difícil compreensão e tornam as práticas pedagógicas mais dinâmicas. Além do fato de proporcionar uma complementação do aprendizado dos educandos e professores em relação de como lidar com o mundo digital e utilizar todos os recursos de *hardware* e *software* como ferramenta de ensino-aprendizagem a fim de ampliar os conhecimentos cognitivos dos educandos, sendo o professor um mediador dessa prática pedagógica.

Ainda segundo Mandello (2008), as tecnologias disponíveis junto aos objetivos educacionais possibilitam ao professor desenvolver estratégias

de ensino, aplicar atividades contextualizadas e significativas, suplementando sua prática pedagógica. O OA desenvolvido também versa sobre esse contexto.

Mandello (2008) destaca desde a última década, que no processo de ensino-aprendizagem, principalmente, na área de exatas, o computador, a internet das coisas, a indústria 4.0, as realidades aumentadas, entre outros recursos digitais, podem ser considerados os novos instrumentos de trabalho que alteram as estruturas sociais e através dos quais introduz novas formas de pensar modificando os paradigmas e transformando a relação entre o ser humano e o meio ao qual está inserido. Portanto, é fundamental que os educadores do século XXI desenvolvam e utilizem OA, principalmente, com as novas propostas de ensino que estão sendo idealizadas a partir das novas legislações educacionais brasileiras.

E por falar em paradigma de acordo com Sales et al. (2008), um *software* baseado em um paradigma instrucionista tornará importante, os mecanismos de transmissão de informações e de exercitação de habilidades como memória. Já em um *software* educativo baseado em um paradigma construtivista de aprendizagem tem como prioridade principalmente a inter-relação social aluno/professor e aluno/aluno e a mediação propiciada pelo computador. A interoperabilidade entre aluno/computador/*software* assume assim, papel de fundamental importância no processo de ensino-aprendizagem. Nesse paradigma, centrado na aprendizagem do aluno e na construção do conhecimento, evidencia-se o aluno como um ser ativo que gerencia sua própria aprendizagem: pensando, articulando ideias e construindo representações mentais na solução de situações problemas, constituindo-se no gerador da competência de seu próprio conhecimento, situação essa que pode ser vivenciada com o uso do OA seleção de tecnologias para tratamento de água em caldeiras desenvolvido nesse estudo.

Ainda segundo Sales et al. (2008), a importância do uso de OA para o estudo de conceitos matemáticos e científicos dos cursos técnicos e/ou de graduação na área de exatas reside no fato deles serem de fácil utilização, possuírem objetivos específicos bem definidos, já estarem prontos para serem utilizados, não requerendo instalação ou configuração.

De acordo com Arantes, Miranda & Studart (2010), as simulações por *software* podem servir como demonstrações por parte do docente em aulas expositivas. A maioria das escolas onde são oferecidos cursos técnicos e/ou de graduação da área de exatas possui laboratórios informatizados adequados para desenvolver as atividades de simulação utilizando *software*, porém, não possui equipamentos suficientes para as aulas de laboratório experimentais, os docentes ainda sim acreditam ser muito importante no complemento dos temas abordados em sala de aula e também no desenvolvimento do conhecimento e no senso investigativo do usuário, sem deixar de aplicar as aulas práticas de laboratório em atividades experimentais. O objetivo é que as aulas de simulação por *software* complementem as aulas de laboratório experimentais, reforçando o conteúdo da disciplina abordada. Uma das características do *software* de simulação é que o docente pode repetir várias vezes a mesma simulação alternando diferentes combinações que em atividades experimentais às vezes não é possível por conta de gastos com insumos ou gastos com profissionais capacitados em realizar as tarefas.

Ainda conforme Arantes, Miranda & Studart (2010), um dos tipos de OA mais utilizados são as simulações computacionais de experimentos de física e química, que estão disponíveis para utilização em diversos contextos. Ainda que elas não devam substituir experimentos reais, tornam mais eficiente o processo de ensino-aprendizagem dos alunos.

---

## 5. Conclusão

O OA desenvolvido auxiliará na seleção das tecnologias existentes para o tratamento de água em caldeiras de acordo com a faixa de pressão de trabalho da caldeira, os tipos de impurezas na água e a quantidade de impurezas. O mesmo também fornece uma relação de problemas que eventualmente surgirão com a caldeira se a água não for tratada com a tecnologia mais eficiente para aquele tipo de caldeira, levando em consideração o custo da captação de água bruta, também serão contabilizados os custos de consumo de energia elétrica e dos operadores, não esquecendo a viabilidade da tecnologia selecionada de acordo com a segurança do processo e os cuidados com o meio ambiente. Conclui-se, portanto, que o desenvolvimento do OA para apoio ao processo de ensino-aprendizagem de seleção de tecnologias para tratamento de água em caldeiras tornará os experimentos mais atrativos para o usuário estudante, permitindo, ainda, ao usuário docente criar e testar várias situações problema alterando os parâmetros do OA, sendo, assim, uma ferramenta contemporânea para o processo ensino-aprendizagem de estudantes das gerações Y e Z.

---

## Referências bibliográficas

Agência Nacional de Águas - ANA. (2009). *Parâmetros da água para caldeiras de baixa, média e alta pressão*. Recuperado de <http://www.ana.gov.br>

Arantes, A. R., Miranda, M. S., y Studart, N. (2010). Objetos de aprendizagem no ensino de física: usando simulações do PhET. *Revista Física na Escola*, 11(1), 27-31.

Braga, J. C., y Menezes, L. (2014). *Objetos de aprendizagem volume 1 - introdução e fundamentos*. Santo André: UFABC.

Brasil. Ministério da Educação. Secretaria de Educação à Distância. (2007). *Objetos de aprendizagem. Rede internacional virtual de educação - RIVED*. Brasília: MEC, SEED.

Gavira, M. O. (2003). *Simulação computacional como uma ferramenta de aquisição de conhecimento* (Tese de Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos-SP.

Gentil, V. (2007). *Corrosão*. Rio de Janeiro: LTC.

Leite, N. R., y Militão, R. A. (2008). *Tipos e aplicações de caldeiras*. Recuperado de [https://lcsimeifiles.wordpress.com/2012/09/caldeiras\\_prominp.pdf](https://lcsimeifiles.wordpress.com/2012/09/caldeiras_prominp.pdf)

Mandello, S. S. (2008). *O professor PDE e os desafios da escola pública paranaense*. Recuperado de [http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospede/pdebusca/producoes\\_pde/2008\\_uenp\\_mat\\_artigo\\_solange\\_stelmastchuk\\_mandello.pdf](http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospede/pdebusca/producoes_pde/2008_uenp_mat_artigo_solange_stelmastchuk_mandello.pdf)

Oliveira, D. R. (2007). *Pré-tratamento do processo de osmose inversa utilizando microfiltração e investigação de técnicas de limpeza e recuperação de membranas*. (Tese de Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Rovani, M. Z. (2012). *Estudo da osmose inversa na produção de água desmineralizada para caldeiras*. (Tese de Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Curitiba, Paraná.

Sales, G. L. et al. (2008). Atividades de modelagem exploratória aplicada ao ensino de física moderna com a utilização do objeto de aprendizagem pato quântico. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, Fortaleza, 30(3), 3501-3513.

Wiley, D. A. (2000). *Learning object design and sequencing theory*. Unpublished doctoral dissertation, Brigham Young University. Recuperado de <http://davidwiley.com> .

---

1. Aluno do Programa de Mestrado Profissional em Tecnologia Ambiental. Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologia. Universidade de Ribeirão Preto. [joseluisisauskas@yahoo.com.br](mailto:joseluisisauskas@yahoo.com.br)

2. Professor Titular da Universidade de Ribeirão Preto. Programa de Mestrado Profissional em Tecnologia Ambiental. Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologia. Universidade de Ribeirão Preto. [ecarita@unaerp.br](mailto:ecarita@unaerp.br)

