

Desenvolvimento de uma aplicação para controle de consumo de energia elétrica residencial via Programação Orientada a Objetos

Developing an application for residential power consumption control using Object Oriented Programming

Silvana dos Santos Ramos, mestranda em Design, UFRGS.

silvana.ramos@ufrgs.br

Regiane Dalarosa, Mestra em Design, UFRGS.

regianedalarosa@gmail.com

Fábio Gonçalves Teixeira, Doutor em Engenharia Mecânica, UFRGS.

fgtdsg@gmail.com

Luis Henrique Candido, Doutor em Ciência e Tecnologia dos Materiais, UFRGS.

candido@ufrgs.br

Resumo

Com as constantes inovações tecnológicas, a quantidade de equipamentos eletroeletrônicos disponíveis para facilitar a rotina dos usuários é crescente. No entanto, esse crescimento também reflete diretamente no aumento do consumo de energia elétrica. Neste cenário, o presente estudo objetiva descrever um relato de experiência sobre o desenvolvimento de uma aplicação para auxiliar no controle de consumo de energia elétrica residencial. Como resultado, a aplicação permite prever o consumo de energia elétrica por equipamento, usuário e período. Espera-se que esse trabalho possa contribuir para construção e incentivo de sistemas informatizados com foco na sustentabilidade energética, a partir de estratégias como a comparação de consumo entre usuários e o uso de feedbacks para conscientização e redução no consumo de energia elétrica.

Palavras-chave: Desenvolvimento sustentável; Energia Elétrica; Programação Orientada a Objetos

Abstract

With the constant technological innovations, the amount of electronic equipment available to facilitate the users' routine is increasing. However, this growth also directly reflects the increase in electricity consumption. In this scenario, the present work aims to describe an experience report on the development of an application to assist in the control of residential electricity consumption. As a result, the application allows to predict the consumption of electricity by equipment, user and period. It is hoped that this work can contribute to the construction and incentive of computerized systems with a focus on energy sustainability, based on strategies such as the comparison of consumption between users and the use of feedbacks to raise awareness and reduce electricity consumption.

Keywords: *Sustainable Development; Electric Power; Object Oriented Programming*

1. Introdução

Diante das constantes inovações tecnológicas, nas últimas décadas, a quantidade de equipamentos eletroeletrônicos disponíveis para facilitar a rotina dos usuários tem crescido exponencialmente. No entanto, esse crescimento reflete diretamente no aumento do consumo de energia elétrica, haja vista que muitos dos equipamentos demandam esse recurso para seu funcionamento. Segundo o relatório de Balanço Energético Nacional (BEN), publicado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), o consumo de energia elétrica residencial no Brasil cresceu 70% na última década. A EPE é uma instituição pública federal que tem por finalidade prestar serviços ao Ministério de Minas e Energia (MME) na área de estudos e pesquisas para o setor energético (EPE, 2018).

Em escala global, segundo dados da Revisão Estatística da Energia Mundial (*Statistical Review of World Energy*), a demanda por energia elétrica cresceu 2,9% em 2018, sendo este o crescimento mais rápido desde o ano 2010. Ao mesmo tempo, estes valores refletem no aumento das emissões de carbono, que cresceram 2% em 2018, indicando novamente o maior crescimento dos últimos anos. Este expressivo aumento no consumo de energia elétrica está relacionado a todas as fontes de energia, sendo que aquela que apresentou maior percentual de crescimento em 2018 foi o gás natural, resultando em uma de suas maiores taxas de crescimento em mais de 30 anos (5,3%), correspondendo a quase 45% de todo o crescimento do consumo global de energia. Já a demanda por carvão também aumentou pelo segundo ano consecutivo (1,4%), após três anos em queda. O crescimento de fontes de energia renovável reduziu em relação aos anos anteriores (14,5%), embora continue sendo a fonte de energia que apresenta maior percentual de crescimento (DALE, 2019).

Neste cenário, ainda em 2015, a Organização das Nações Unidas (ONU) instituiu formalmente a “Agenda 2030”, um documento que reúne 17 grandes objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) e visa orientar os países em relação às ações que devem ser priorizadas para que todos se desenvolvam de maneira mais sustentável. Logo, entende-se como desenvolvimento sustentável aquele capaz de atender às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações atenderem às suas (*World Commission on Environment and Development*, 1987). Dentre estes 17 grandes objetivos mundiais, o

ODS nº 7 prevê o acesso à energia elétrica de forma confiável, sustentável e com preço acessível a todos, tendo como foco cerca de 1,3 bilhão de pessoas que ainda sequer possuem acesso à eletricidade no mundo (ONU, 2015).

Diante do exposto, verifica-se que, por um lado, existe um conjunto de esforços na busca por alternativas que nos conduzam a um cenário mais sustentável, por outro, as fontes de energia elétrica ainda são predominantemente oriundas de recursos finitos, conhecidos como combustíveis fósseis. Contudo, esta crescente demanda por produtos que consomem energia elétrica gera preocupações principalmente em relação aos impactos ao meio ambiente. Por isso, profissionais e pesquisadores vêm buscando alternativas que tornem estes produtos eletroeletrônicos cada vez mais eficientes, a partir de tecnologias que contribuam para a redução do consumo energético (DALAROSA; FERNANDES; CÂNDIDO, 2019).

Com fundamento nesse cenário, verifica-se a importância de pesquisas que investiguem alternativas que estimulem o consumo consciente da energia elétrica por parte dos usuários. Nesse sentido, os autores Yun, Aziz e Lasternas (2015) afirmam que o incentivo à mudança de comportamento dos usuários torna-se um fator relevante neste processo de busca por um cenário mais sustentável, a qual pode ser alcançada quando o usuário toma consciência acerca do seu consumo de energia.

Portanto, com base nesta problemática, o presente artigo apresenta um relato de experiência sobre o desenvolvimento de uma aplicação para auxiliar no controle de consumo de energia elétrica, capaz de prever o consumo de uma residência de acordo com os seus equipamentos, períodos e usuários. Para tanto, utilizou-se da Programação Orientada a Objetos (POO), em linguagem *Object Pascal*, no ambiente Delphi. O estudo foi desenvolvido na disciplina de Projeto de Artefatos Digitais, no Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A aplicação foi desenvolvida com base também em uma pesquisa bibliográfica, a fim de construir um embasamento teórico sobre esta temática. Portanto, este artigo está estruturado da seguinte forma: na etapa de desenvolvimento, é abordado o design como estratégia para a redução do consumo de energia elétrica em residências; a programação orientada a objetos em ambiente Delphi; e a proposta de aplicação. E, por fim, são discutidas as considerações finais.

2. Desenvolvimento

Visando elucidar os principais conceitos abordados no trabalho, bem como contextualizar a problemática que motiva o presente estudo, esta seção apresenta uma breve fundamentação teórica sobre POO em Delphi e o consumo de energia elétrica residencial sob a perspectiva do Design.

2.1 O design como estratégia para a redução do consumo de energia elétrica em residências

Segundo Lockton, Harrison e Stanton (2008), os impactos ambientais durante a fase de utilização dos produtos eletroeletrônicos é, muitas vezes, significativamente maior em comparação às fases de produção e pós-consumo, devido ao consumo de energia elétrica que estes demandam durante sua vida útil. Embora os avanços tecnológicos permitam cada dia mais a eficiência de operação do produto, os hábitos de consumo dos usuários possuem um efeito significativo, tornando-se um fator determinante em relação ao impacto ambiental de um produto. Com isso, diferentes abordagens para conscientização e mudança de comportamento destes usuários são discutidas estrategicamente no campo do Design.

Ao compreender a importância do Design como uma ferramenta capaz de persuadir e orientar os usuários, alguns princípios persuasivos têm aplicabilidade imediata no sentido de incentivá-los a repensar e reduzir o seu consumo de energia. Dentre as possíveis abordagens, por exemplo, está o processo de comparação entre usuários de uma mesma aplicação, neste caso, a partir do comparativo de quanta energia cada um consumiu em determinado período ou quanta energia cada um consumiu de cada equipamento disponível. “Se os usuários estão cientes de que eles estão usando mais energia ou criando mais resíduos do que outros usuários semelhantes, isso pode levá-los a alterar o seu comportamento” (tradução nossa) (LOCKTON; HARRISON; STANTON, 2008, p. 5).

Além do processo comparativo entre usuários, o presente trabalho baseou-se também no estudo de Moura (2018), que propõe a mudança do comportamento dos usuários por meio da apresentação de feedback de consumo. Segundo a autora, esse feedback pode ser apresentado a partir de dispositivos visuais que mensuram o consumo de eletricidade das residências e apresentam esta informação aos usuários, contribuindo para a conscientização acerca da quantidade de energia consumida com a intenção de reduzi-la (MOURA, 2018). Este princípio de usabilidade “refere-se ao retorno de informações a respeito de ação que foi feita e do que foi realizada, permitindo à pessoa continuar com a atividade” (PREECE; ROGERS; SHARP, 2007, p.41).

Para Lockton, Harrison e Stanton (2008), o uso do design persuasivo, a partir da técnica de feedback, visa incentivar o usuário a tomar consciência do impacto ambiental resultante de seu comportamento, orientando-o a utilizar os produtos com a máxima eficácia e a reduzir a oportunidade de ineficiência energética afetada pelo usuário. Segundo Yun, Aziz e Lasternas (2015), esta estratégia baseia-se no pressuposto de que a mudança de comportamento do usuário pode ser alcançada quando ele toma consciência sobre o seu consumo de energia.

Nesse sentido, Moura (2018) afirma que o feedback pode ser empregado em dispositivos visuais para compartilhar informações com os usuários com a intenção de reduzir o consumo energético nas residências e, desta forma, a autora aponta a possibilidade de uma redução de 5 a 20% no consumo energético de uma residência, ao prover uso dessa estratégia. Aliado a isso, Moura (2018) propõe um conjunto de diretrizes para o design de dispositivos visuais cuja finalidade é a apresentação do consumo de energia elétrica em residências. Tais diretrizes estão descritas no Quadro 1 e são organizadas de acordo com as preferências de cada tipo de usuário: crianças, adultos e idosos.

INFORMAÇÃO	CRIANÇAS	ADULTOS	IDOSOS
Consumo instantâneo	Interface similar a um jogo usando perfis para cada usuário com as expressões	Casas coloridas com expressões e formato numérico com opção de trocar de unidade com um botão	-
Consumo cumulativo	Formato numérico com unidade monetária - trocar o período com um botão	Formato numérico com opção de trocar de unidade com um botão - trocar o período de tempo com um botão	Formato numérico com unidade monetária e potência de energia - consumo do dia e da semana
Consumo por ambiente	-	-	-
Consumo por aparelhos	Formato numérico com unidade monetária	Formato numérico com opção de trocar de unidade com um botão	Formato numérico com unidade kWh
Comparação histórica	-	Gráfico com opção de trocar de unidade com um botão - trocar o período com um botão	Gráfico com unidade monetária - comparação da semana
Comparação normativa	Formato numérico com unidade monetária e com o perfil de cada familiar	-	-
Meta do consumo	-	-	-
Dicas	Texto com alerta luminoso	Texto com alerta luminoso	Texto com alerta luminoso
Incentivo	Incentivo monetário com alerta luminoso	-	-
Penalidade	-	-	-

Quadro 1: Diretrizes em relação ao tipo de usuário. Fonte: adaptado de Moura (2018).

Essas diretrizes, aliadas ao processo de abordagem comparativa entre usuários e apresentação de feedback, contribuíram para a tomada de decisões sobre a construção da estrutura da aplicação proposta pelo presente estudo.

2.2 A Programação Orientada a Objetos em ambiente Delphi

O Delphi pode ser considerado uma ferramenta ou ambiente de desenvolvimento de sistemas ou aplicações que utiliza a *Object Pascal* como linguagem. Esta linguagem permite ao programador o desenvolvimento de softwares tanto no paradigma procedural quanto orientado a objetos. Segundo Cantù (2016), a linguagem *Object Pascal* teve origem em 1995, mesmo ano em que outras conhecidas linguagens de programação foram criadas, como Java e JavaScript. Desde então, esta linguagem segue sendo aprimorada e utilizada principalmente em Delphi e RAD Studio.

Para Martins (2003), o ambiente Delphi surgiu em um período em que diversos outros ambientes de programação eram lançados com o intuito de simplificar o desenvolvimento de softwares visuais para o sistema operacional Windows e, até os dias atuais, esta ferramenta ainda é considerada eficiente para o desenvolvimento de programas em diversas áreas.

Já a POO, têm como característica principal a capacidade de reunir as características e comportamentos comuns que operam em determinados dados em uma nova e única entidade, denominada classe. Conseqüentemente, as funções e procedimentos, que são referidos como

métodos em POO, definidos internamente à classe, passam a ter a capacidade de acessar diretamente estes dados, que não precisam mais ser passados como parâmetros (LEÃO, 2003). Na sequência, são elucidados alguns conceitos básicos sobre esta abordagem (O'DOCHERTY, 2015).

- Classe: Definição de tipo dos objetos, modelo de objeto;
- Objeto: Instância de classe, variável cujo tipo é uma classe;
- Atributos: Variáveis de instância. São os dados de um objeto;
- Métodos: Funções e procedimentos de um objeto;
- Propriedades: Apelido usado para evitar o acesso direto aos atributos de um objeto, com o qual podemos especificar métodos que serão usados para ler e atribuir seus valores a esses atributos;
- Mensagens: Chamada de métodos, leitura e atribuição de propriedades;
- Encapsulamento: Conjunto de técnicas usadas para limitar o acesso aos atributos e métodos internos de um objeto;
- Herança: Possibilidade de criar uma classe descendente de outra, aproveitando seus métodos, atributos e propriedades;
- Ancestral: Superclasse ou classe de base, a partir da qual outras classes podem ser criadas;
- Descendente: Subclasse;
- Hierarquia de Classes: Conjunto de classes ancestrais e descendentes, geralmente representadas em uma árvore hierárquica;
- Polimorfismo: Capacidade de redefinir métodos e propriedades de uma classe em seus descendentes.

Com base nisso, pretende-se apropriar-se da ferramenta Delphi, aliada aos conceitos que orientam a POO, a partir da linguagem *Object Pascal*, para propor uma aplicação que contribua para a redução do consumo de energia elétrica em residências, apresentada na seção seguinte.

2.3 Proposta de Aplicação

O desenvolvimento da aplicação iniciou-se com a definição da estrutura de informações que seriam incorporadas ao *software*, ilustrado pela Figura 1, objetivando organizar e sintetizar os componentes. Outro aspecto que norteou o projeto foi a decisão de conceber, inicialmente, a aplicação para usos em computadores, podendo ser, futuramente, também adaptado para dispositivos móveis.

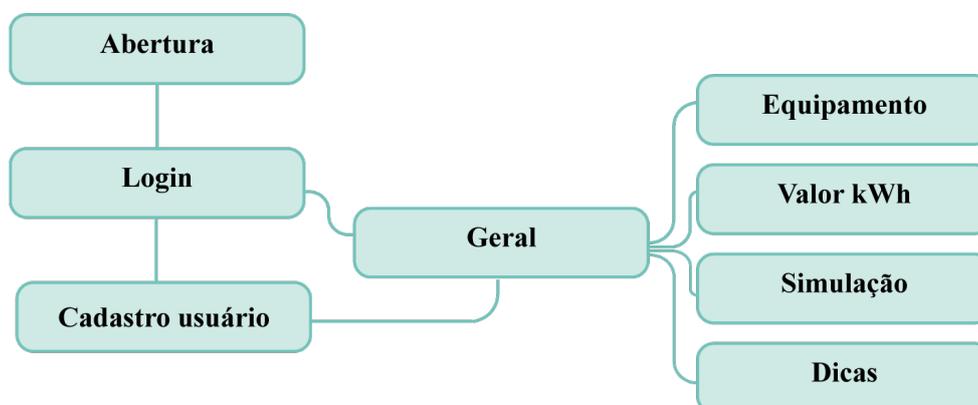


Figura 1: Organograma do estudo. Fonte: elaborado pelos autores.

A partir das definições preestabelecidas, iniciou-se a codificação através do software RAD Studio 10.2, em linguagem *Object Pascal* pela IDE (*Integrated Development Environment*), Embarcadero Delphi.

O projeto foi estruturado conforme a Figura 1. Após a abertura da aplicação, na página de acesso inicial, o usuário autentifica sua senha. Além disso, esta página detém a estrutura de código que faz o sistema conectar, inicialmente, com banco de dados. Caso o usuário não seja cadastrado, há um campo que o direciona para a página de cadastro. Ao finalizar este processo, a aplicação apresenta a página geral, que reúne os principais recursos e faz a simulação do consumo de energia em Reais (R\$). A partir dela, é possível inserir novos usuários, com novos nomes e senhas. Ainda, permite cadastrar o valor do kWh e a descrição dos equipamentos, adicionando valores como quantidade, tempo e a potência dos equipamentos e dicas para economia de energia elétrica.

Para otimizar o desenvolvimento do sistema, foi criada uma classe-base que reúne as principais propriedades, atributos e métodos (procedimentos e funções) da aplicação. Essa classe foi reutilizada por outras classes pelo mecanismo de herança, replicadas para as classes derivadas: usuário, kWh, equipamento e utilização.

Os métodos desenvolvidos na classe-base estão associados aos seguintes procedimentos: controle de botões (novo, alterar, cancelar, gravar, apagar, navegador), controle de páginas e pesquisa de informação. Além disso, têm funções como apagar e gravar as informações via conexão com o banco de dados. Para isso, optou-se pelo uso do gerenciador de dados Microsoft SQL (*Structured Query Language*) “Server 2014 Express”, por ser um sistema gratuito de armazenamento de informações.

Para a simulação do consumo de energia foi desenvolvida a função que multiplica a potência e quantidade de equipamentos, dias e tempo de uso e divide o resultado por quilowatts ou kilowatts (kW), sendo que cada kW equivale a 1000 Watts (W), conforme apresenta o Quadro 2.

```
// Função calcular total de Consumo
function TfrmUso.TotalConsumoEquipamento (Potencia, Quantidade, Dias, Horas,
Minutos,Kwh:Double):Double;
var MinParaHoras, Tempo, Resultado:Double;
//Divisão 1h - kW1000
begin
  MinParaHoras:= Minutos/60;
  Tempo:= MinParaHoras+ Horas;
  Resultado:= (Potencia*Quantidade*Dias*Tempo)/1000;
  Result:= Resultado*Kwh;
end;
```

Quadro 2: Função para calcular consumo. Fonte: elaborado pelos autores.

Com relação à usabilidade da aplicação, a interface foi composta por botões com pictogramas personalizados. A página geral (Figura 2) foi estruturada de maneira que orienta o usuário na utilização do sistema a partir de uma sequência numérica, indicando as etapas operação: (1) Cadastre o usuário; (2) Cadastre o preço do kWh; (3) Cadastre o equipamento; e (4) Simule aqui o seu consumo. Além disso, ícones foram aplicados nos botões principais de maneira ilustrativa, visando tornar o processo mais intuitivo para os usuários.

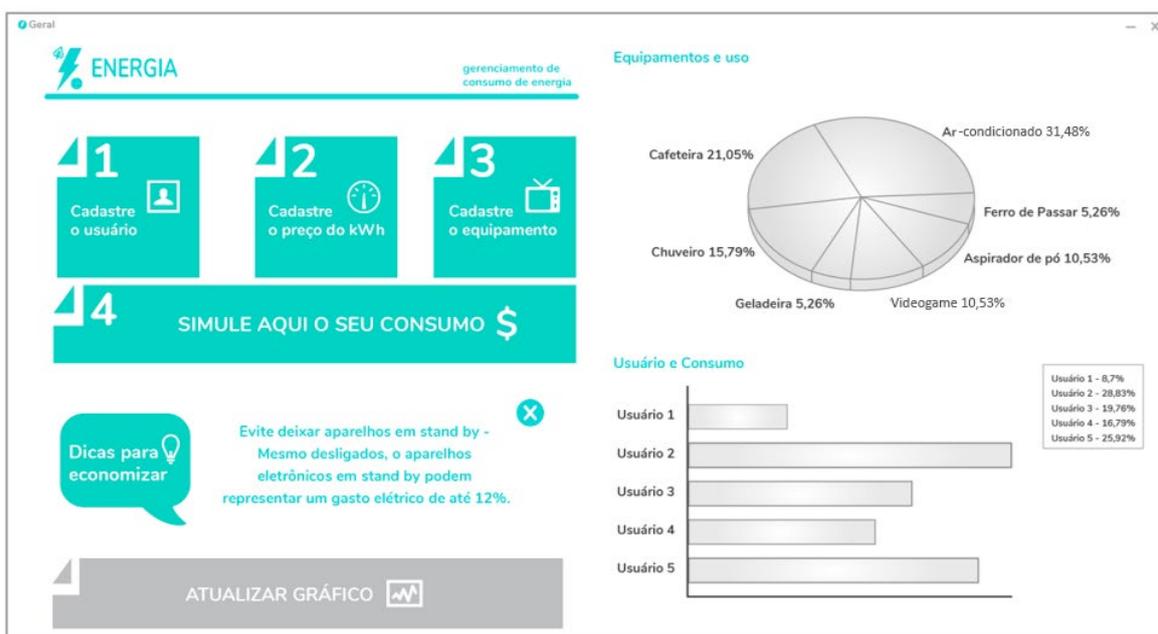


Figura 2: Página geral da aplicação. Fonte: elaborado pelos autores.

Na mesma interface geral, estão relacionados os equipamentos em relação ao seu percentual de utilização de maneira geral, apresentado no lado direito da Figura 2, em gráfico *pizza*. Logo abaixo, em um gráfico de barras, é apresentado o percentual de consumo de cada usuário, de maneira comparativa, visando incentivá-lo à redução de consumo, conforme já exposto.

Além da interação nativa do sistema, como avisos de campos obrigatórios, erros e finalização de processos, a aplicação possui um botão com “Dicas para economizar”, como é apresentado na Figura 3, em ao clicar, apresenta diferentes sugestões para reduzir o consumo elétrico. Este recurso corresponde à estratégia de feedback, que visa orientar e conscientizar o usuário em relação às suas práticas.



Figura 3: Dicas para economizar. Fonte: elaborado pelos autores.

3. Considerações Finais

Este trabalho relata a experiência da construção de uma aplicação voltada para a economia de consumo energético residencial. Estima-se que este estudo possa contribuir e inspirar a construção de sistemas informatizados que considerem o Design uma importante ferramenta de persuasão, capaz de incentivar o usuário a mudar seu comportamento e reduzir seu consumo energético.

Embora ao longo do desenvolvimento da aplicação tenham sido encontradas algumas dificuldades, como limitações dos softwares disponibilizados em versão gratuita, acredita-se que o estudo tenha cumprido com seu objetivo, demonstrando que é possível desenvolver uma aplicação capaz de prever o consumo de energia elétrica por equipamento, usuário e por período, incorporando aspectos como a comparação de consumo entre usuários e o uso de feedbacks para conscientização e redução no consumo de energia elétrica.

Portanto, conclui-se que o designer possui a capacidade de incentivar e orientar os usuários a determinados comportamentos, tendo como foco, neste caso, a conscientização em prol da redução de consumo de energia elétrica residencial. Assim, esse profissional contribui, para construção de uma consciência social que vá ao encontro das demandas mundiais em prol de um desenvolvimento cada vez mais sustentável.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Capes e ao CNPQ pelo apoio financeiro.

Referências

CANTÙ, M. **Object Pascal Handbook**. ISBN-13: 978-1514349946. Delphi 10.1 Berlin Edition, June 2016.

DALAROSA, R.; FERNANDES, C.; CÂNDIDO, L. H. A. **Battery design: natural materials for energy microgeneration**. International Journal of Advances in Engineering and Technology, v. 12, ed. 6, p. 80-88, 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/2sDv0OU>>. Acesso em: 10 jan. 2020.

DALE, S. **Energy in 2018: an unsustainable path**. 2019. Disponível em: <<https://on.bp.com/38Ua0CJ>>. Acesso em: 14 out. 2019.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço Energético Nacional 2018: Ano base 2017**. Rio de Janeiro : EPE, 2018. Disponível em: <https://bit.ly/2PQMai7>. Acesso em: 20 dez. 2019.

LEÃO, M. **Borland Delphi**. Rio de Janeiro: Axcel Books, 2003.

LOCKTON, D; HARRISON, D.; STANTON, N. **Making the user more efficient: Design for sustainable behaviour**. International Journal of Sustainable Engineering. 1: 1, 3-8. 2008.

MARTINS, C. R. L. **Estratégia de Migração de Aplicações Legadas Visuais (tipo WIMP) para o Ambiente Web**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Computação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003.

MOURA, P. K. **Diretrizes para o Design de Dispositivos Visuais para Apresentação do Consumo de Energia em Residências**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

O'DOCHERTY, M. **Object oriented analysis and design: understanding system development with UML 2.0**. England: John Wiley & Sons Ltd, 2005.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Conheça os novos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU**. 2015. Disponível em: <<https://bit.ly/1Qux9gU>>. Acesso em: 20 jul. 2019.

PREECE, J.; ROGERS, Y.; SHARP, H. **Design de interação: além da interação homem-computador**. Porto Alegre: Bookman, 2007.

YUN, R. J.; AZIZ, A.; LASTERNAS, B. **Design Implications for the Presentation of Eco- feedback Data**. Archives of Design Research, v. 28, n. 4, p. 95–106, 2015.

WCED - WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Our Common Future**. Oxford University Press, 1987.