

Instituto Meridional - IMED
Programa de Pós-graduação Lato Sensu
MBA Cidades Responsivas – Turma 1

Giovanna Tomczinski Novellini Brígite e Larissa Calil Coli

**CONSUMO RESPONSIVO DE ENERGIA ELÉTRICA PARA
EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS INTELIGENTES**

Porto Alegre
2022

Giovanna Tomczinski Novellini Brígite e Larissa Calil Coli

CONSUMO RESPONSIVO DE ENERGIA ELÉTRICA PARA EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS INTELIGENTES

Relatório de pesquisa apresentado ao MBA Cidades Responsivas
– Turma 1, como parte dos requisitos para obtenção do título de
Especialista em Cidades Responsivas

Prof. Dra. Luciana Inês Gomes Miron

Doutora pela Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Brasil

Prof. Esp. Ellen Renata Bernardi

Especialista pela Fundação Getúlio Vargas,
Brasil
Orientadora

Prof. Dra. Luciana Marson Fonseca

Doutora pela Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Brasil

Porto Alegre
2022

Giovanna Tomczinski Novellini Brígite e Larissa Calil Coli

**CONSUMO RESPONSIVO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DA
INFORMAÇÃO QUALIFICADA PARA TOMADA DE DECISÃO EM
TEMPO REAL**

Esse trabalho de conclusão de curso foi julgado adequado para a obtenção do título de ESPECIALISTA DE CIDADES RESPONSIVAS, e aprovada na sua forma final pelos professores orientadores e pelo Programa de Pós-graduação Lato Sensu do Instituto Meridional – IMED.

Porto Alegre, 15 de maio de 2022.

ORIENTADORES

Prof. Dra. Luciana Inês Gomes Miron
Doutora pela Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Brasil

Prof. Esp. Ellen Renata Bernardi
Especialista pela Fundação Getúlio Vargas,
Brasil

Orientadora

Prof. Dra. Luciana Marson Fonseca
Doutora pela Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Brasil
Orientadora

BANCA EXAMINADORA

01

02

03

RESUMO

É urgente a necessidade de se pensar na educação e engajamento do mercado residencial em alternativas para se otimizar o consumo da energia elétrica nas edificações do ponto de vista do entendimento, do comportamento e tomada de decisão do usuário da edificação. Neste sentido, o objetivo principal desta pesquisa é desenvolver como artefato um modelo conceitual para plataforma, provavelmente na forma de um aplicativo de smartphone, capaz de informar o consumo energético em tempo real com opções de otimização do consumo e redução do desperdício, com base nos inputs e perfil do usuário, caracterizado nessa pesquisa como o morador, ou grupo de moradores. Para isso, considera-se o uso de inteligência artificial e aprendizado de máquina. O método de pesquisa adotado é o da Design Science Research. A solução proposta é composta por uma plataforma capaz de traçar os perfis dos usuários e indicar através das redes neurais melhores opções de consumo através dos dispositivos móveis cadastrados aos equipamentos. As funcionalidades serão viabilizadas pelo uso e cadastro dos próprios usuários vinculados à eShop integrada ao sistema. A solução propõe a análise integrada à tecnologia de Inteligência Artificial para que a tomada de decisão seja cada vez mais eficaz e eficiente.

ABSTRACT

There is an urgent need to think about the education and engagement of the residential market in alternatives to optimize the consumption of electricity in buildings from the point of view of understanding, behavior and decision-making of the building user. In this sense, the main objective of this research is to develop as an artifact a conceptual model for the platform, probably in the form of a smartphone application, capable of reporting energy consumption in real time with options for optimizing consumption and reducing waste, based on the inputs and user profile, characterized in this research as the resident, or group of residents. For this, the use of artificial intelligence and machine learning is considered. The research method adopted is that of Design Science Research. The proposed solution is composed of a platform capable of tracing the profiles of users and indicating through neural networks better consumption options through the mobile devices registered to the equipment. The functionalities will be made possible by the use and registration of the users linked to the eShop integrated into the system. The solution proposes analysis integrated with Artificial Intelligence technology so that decision-making is increasingly effective and efficient.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. NOVO CONTEXTO	10
1.2. PROBLEMA DE PESQUISA	11
1.3. MOTIVAÇÃO	11
1.4. QUESTÕES DA PESQUISA.....	12
1.5. OBJETIVOS DA PESQUISA	13
1.6. DELIMITAÇÕES	13
1.7. LIMITAÇÕES.....	13
1.8. ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
3. MÉTODO DE PESQUISA.....	16
3.1. ESTRATÉGIA DE PESQUISA	16
4. Delineamento	17
5. RESULTADOS.....	20
5.1. ESTRATÉGIA DO ARTEFATO	20
5.2. ARTEFATO – MODELO CONCEITUAL DE PLATAFORMA - APLICATIVO.....	21
5.3. ARTEFATO – MODELO CONCEITUAL DE PLATAFORMA - LUR	28
5.4. ARTEFATO – GENERALIZAÇÃO.....	30
5.5. ARTEFATO – SUGESTÃO DE ESTUDO DE CASO	30
REFERÊNCIAS.....	31

Lista de figuras

Figura 1 - modelo de predição de energia de construção e benchmarking	17
Figura 2 - Proposta de artefato - modelo conceitual para plataforma	18
Figura 3 - Estratégia de Desenvolvimento do Aplicativo.....	20
Figura 4 - Estratégia de Expansão das operações e funcionalidades	21
Figura 5 - Proposta de artefato - modelo conceitual para plataforma	22
Figura 6 - Passo 1 - Acesso ao Aplicativo & Cadastro ou Login	23
Figura 7 - Passo 2 - Cadastro dos Equipamentos - Perspectiva do Usuário	23
Figura 8 - Passo 2 - Cadastro dos Equipamentos - Interface	24
Figura 9 - Passo 3 e 5 - Integração e Otimização- eShop (loja nativa).....	25
Figura 10 - Passo 4 - Dashboard e Monitoramento.	26
Figura 11. Constructo - Modelo sistêmico de relação do artefato com a cidade responsiva	29

Lista de quadros

Quadro 1 - Processo de Investigação proposto para esta pesquisa.....	16
--	----

Lista de abreviaturas

AI	<i>Artificial Intelligence</i> ou Aprendizado de Máquina
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
API	<i>Application Programming Interface</i> ou Interface de Programação de Aplicações ou Interface de Programação de Aplicação
ARIMA	<i>Autoregressive Integrated Moving Average</i> ou Média Móvel Integrada Autorregressiva
CGEE	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
DSR	<i>Design Science Research</i> ou Pesquisa da Ciência do Projeto
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IoT	<i>Internet of Things</i> ou Internet das Coisas
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
LGPD	Lei Geral de Proteção de Dados
LUR	Laboratório Urbano Responsivo
ML	Machine Learning ou Aprendizado de Máquina
PCA	Principal Component Analysis ou Análise de Componentes Principais
A	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
HTTP	Hypertext Transfer Protocol ou Protocolo de Transferência de Hipertexto em português

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, as edificações industriais, residenciais, comerciais e públicas consomem, respectivamente, cerca de 30%, 22%, 15% e 7% de toda a energia elétrica ofertada. Um total de 74% destinado a edificações de acordo com os dados do Balanço Energético Nacional (EPE, 2020). Nota-se a importante participação do setor residencial, onde uma parte importante deste consumo se dá pelo desconhecimento das perdas na rede interna das edificações e pelo mau uso dos equipamentos.

Desta forma, é urgente a necessidade de se pensar na educação e engajamento deste mercado em alternativas para se otimizar o consumo da energia elétrica nas edificações do ponto de vista do entendimento, da percepção do comportamento e tomada de decisão do usuário da edificação.

1.1. NOVO CONTEXTO

A revolução digital revela perspectivas de transformação do planejamento urbano através de soluções não lineares e adaptativas. A internet permitiu o acesso a grande quantidade de informação, conhecimento e tecnologias já validadas pelo mundo. Nesse novo contexto, este projeto segue considerando e incentivando às tendências abaixo:

- Da virada sustentável a começar pelo design regenerativo;
- Da economia circular;
- Do olhar para os comportamentos e tecnologias que emergem;
- Dos consumidores e empresas com propósito transformador (prosumers);
- Da educação espontânea, com atividades reais e ganho cognitivo;
- Da identificação dos Stakeholders da cidade;
- Do olhar mundial para a aplicação local;
- Do entendimento das limitações humanas e do ganho em sinergia;
- Da transformação social com as observações aos parâmetros de desempenho, não mais para as regras de conformidades;
- Da alteração dos espectros com os novos *inputs*, das informações.

Do entendimento que temos a complexidade e os desafios do existente. Onde o território é disputa, entropia, mas o desenvolvimento sustentável é sinérgico.

1.2. PROBLEMA DE PESQUISA

Isto posto, a **problemática** indaga como prover informação qualificada sobre as formas de reduzir o consumo e mitigar o desperdício de energia elétrica em edificações? Considerando o emprego de tecnologias emergentes como a inteligência artificial e o aprendizado de máquina.

Diversas pesquisas do setor elétrico (DUARTE et al 2017; ANTONOPOULOS et al, 2020; PAZI et al, 2020; HIMEUR et al, 2021) voltam-se ao projeto de distribuição e redução das perdas do sistema disseminando o termo redes elétricas inteligentes através do conceito de *Smart Grids*, dispositivos inteligentes de comunicação para controle da rede pelas concessionárias, garantindo a correta operação e monitoramento do sistema (CGEE, 2021). Por outro lado, existem ainda diferentes formas de reduzir o consumo de energia elétrica em edificações em operação. Atualmente, as edificações consideradas mais inteligentes, ou também frequentemente chamadas de *Smart Buildings*, vendem como uma de suas vantagens a redução do consumo de energia em sua operação, principalmente quando são utilizadas as tecnologias da indústria 4.0, como internet das coisas (IoT), inteligência artificial (AI) e aprendizado de máquina (ML) (SEYEDZADEH et al, 2018; AGOSTINELLI et al, 2021; HAQUE et al, 2021).

Um trabalho desenvolvido nesse sentido é a plataforma e-consumo (RIOS et al, 2019), que possibilita um monitoramento inteligente do consumo de energia elétrica em residências, porém, ainda sem interação com os equipamentos monitorados e outras funcionalidades capazes de promover responsividade.

1.3. MOTIVAÇÃO

Este trabalho, empodera o usuário como responsável ativo e responsivo na criação e gestão do ambiente construído e de sua realidade, visto que o artefato responde às principais perguntas envolvidas no consumo (de energia elétrica): (1) COMO TER CONSCIÊNCIA SOBRE O COMPORTAMENTO DO CONSUMO E O NOSSO IMPACTO AMBIENTAL? (2) COMO TER UMA INFORMAÇÃO QUALIFICADA PARA TOMAR DECISÕES?

Com estes questionamentos propomos cidades capazes de se desenvolverem mais responsivas, a partir do núcleo residencial, pela educação espontânea e cognitiva. Com a experiência guiada para o crescimento ordenado, dado ao passo e interesse do usuário. Em um processo de aprendizado sobre suas atividades cotidianas (situações reais).

Propõem-se que essa experiência seja guiada, agradável e fluida, deixando a complexidade para o *back-end*, ou seja, a parte da inteligência do artefato. A informação qualificada dar-se-á pelo enriquecimento semântico cognitivo; tratado a partir do banco de dados por meio da inteligência artificial e aprendizado de máquina.

Este trabalho também traz direcionamento ao poder público, os gestores, as organizações da sociedade civil, as empresas, os prestadores de serviços locais e os investidores (chamados todos aqui como: *stakeholders*, ou seja, interessados e mantenedores desse ecossistema) visto que o artefato ilustra uma visão sistêmica das inter-relações e responde também a pergunta central colocadas na busca pelas cidades responsivas: COMO AS MUDANÇAS DE COMPORTAMENTOS E AS NOVAS TECNOLOGIA ESTÃO MOLDANDO O FUTURO DE NOSSAS CIDADES ?

Contribuímos assim para uma cidade mais responsiva, a iniciar da adesão dos cidadãos aos conceitos de casas e cidades inteligentes, onde as tecnologias que surgem no mercado visam solucionar problemas de eficiência e integração. Conforme a realidade e adesão de cada localidade.

A fim de promover o desenvolvimento mais sustentável e o uso racional dos recursos e bens públicos.

1.4. QUESTÕES DA PESQUISA

Com as questões levantadas que motivaram a pesquisa pressupõe-se que seja possível reduzir o consumo de energia elétrica através de informações qualificadas e em tempo real aos usuários, tornando o sistema responsivo através de modelos resultantes de inteligência artificial e aprendizado de máquina. Posto que:

- O desconhecimento do consumo e sua projeção associada ao perfil do usuário transfere o ônus de decisões sem embasamento e seus custos ao usuário final;
- A integração dos dados de consumo e sua gestão em tempo real minimiza desperdícios e podem aumentar a eficiência do consumo;
- A compreensão do consumo e desperdício através de ferramentas de monitoramento contribuem positivamente para a eficiência energética da edificação.

1.5. OBJETIVOS DA PESQUISA

O presente trabalho tem como **objetivo** desenvolver como **artefato** um modelo conceitual para plataforma, provavelmente na forma de um aplicativo de smartphone, capaz de informar o consumo energético em tempo real com opções de otimização do consumo e redução do desperdício, com base nos inputs e perfil do usuário, caracterizado nessa pesquisa como o morador, ou grupo de moradores. Para isso, considera-se o uso de inteligência artificial e aprendizado de máquina.

A ideia inicial é desenvolver o artefato proposto e futuramente testá-lo em um Living Lab (denominado neste trabalho como “Laboratório Urbano Responsivo” - LUR) – com o engajamento de diferentes atores, a saber: universidade, sociedade e empresas privadas.

1.6. DELIMITAÇÕES

Busca-se delimitar o tema respondendo às questões: como as soluções tecnológicas podem ser aplicadas favorecendo a tomada de decisão em tempo real em prol do consumo consciente de energia elétrica? Como essa solução pode ser viabilizada? Que inovação ou contribuições essa solução trará?

1.7. LIMITAÇÕES

Diante das limitações encontradas no decorrer do desenvolvimento do trabalho por complexidade dos assuntos, por limitações dos conhecimentos das pesquisadoras e de limitações temporais, sugerem-se que outros trabalhos possam ser desenvolvidos a partir das lacunas encontradas:

- Desenvolvimento e teste do aplicativo;
- Associar o aprendizado por reforço ao processo de tomada de decisão aos diferentes contextos da vida urbana;
- Desenvolver mecanismos para a inserção de dados qualitativos ao modelo de informação de cidades inteligentes para tomada de decisão;

1.8. ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura do trabalho é composta por cinco capítulos, sendo: Introdução, Revisão da Literatura, Método de Pesquisa, Delineamento e Resultados.

Neste Capítulo 1, Introdução, apresenta-se a problemática abordada na pesquisa, destacam-se o objetivo, o novo contexto, a motivação, as questões da pesquisa, os objetivos da pesquisa, as delimitações e limitações que levou à realização deste trabalho.

A partir do Capítulo 2, Revisão da Literatura, discute-se o referencial teórico dos principais eixos temáticos desta pesquisa: Consumo de Energia e Técnicas da Inteligência Artificial (IA) na otimização de processos para a tomada de decisão projetual.

Apresenta-se no Capítulo 3, Método, a metodologia *Design Science Research* (DSR) utilizada no trabalho.

No Capítulo 4, explana-se o delineamento da pesquisa e a sistemática prevista para avaliação do artefato proposto.

E no Capítulo 5, são colocados os resultados do material estudado e desenvolvido neste MBA, a fim de se chegar aos objetivos apresentados. Separando em : Estratégia do artefato, Artefato – modelo conceitual de plataforma – Aplicativo, LUR e Generalização. Considerando também uma seção de sugestão de estudo de caso para o artefato.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Segundo o Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2021¹, “a classe residencial representa o maior número de unidades consumidoras de eletricidade do país”. Em maio de 2020, com a pandemia do covid-19 no Brasil, todas as classes consumidoras tiveram queda no consumo de energia, com exceção da classe residencial². Cenário que impacta atualmente em 211,8 milhões de habitantes residentes no Brasil, conforme a estimativa publicada pelo IBGE em agosto de 2020. Nesse sentido, o artefato, como modelo conceitual de uma plataforma, propõe trazer informações qualificadas para a tomada de decisão gerando economia financeira e energética, através da tecnologia integrada aos equipamentos de consumo. A partir de uma estratégia de desenvolvimento *bottom up* que permitirá a expansão das funcionalidades como o uso e escolhas feitas pelo próprio usuário.

A implementação parte dos equipamentos que já estão padronizados para a integração IoT, incentivando a integração e proporcionando monitoramento em tempo real do consumo energético ao morador ou conjunto de moradores. Com a coleta dos dados, poder-se-á através de métricas de regressão linear evoluindo para o aprendizado de máquina proporcionar ao usuário previsões do consumo; podendo influenciar na redução espontânea ou na aquisição de novos equipamentos e/ou dispositivos, sugeridos pelo próprio aplicativo.

Recentemente a otimização do consumo de energia na construção têm recebido atenção considerável principalmente quando associado às tecnologias da Indústria 4.0 (SEYEDZADEH et al, 2018; AGOSTINELLI et al, 2021; HAQUE et al, 2021).

¹ Publicado pela EPE no ano base 2020.

² Publicado pela EPE na Resenha mensal do mercado de energia elétrica.

3. MÉTODO DE PESQUISA

3.1. ESTRATÉGIA DE PESQUISA

Neste sentido, perfazendo um dos principais objetivos da Design Science Research, de aproximar a prática da pesquisa acadêmica, o Quadro 1 descreve o processo de investigação da realidade, adaptado de Lukka (2003), no contexto desta pesquisa.

Quadro 1 - Processo de Investigação proposto para esta pesquisa

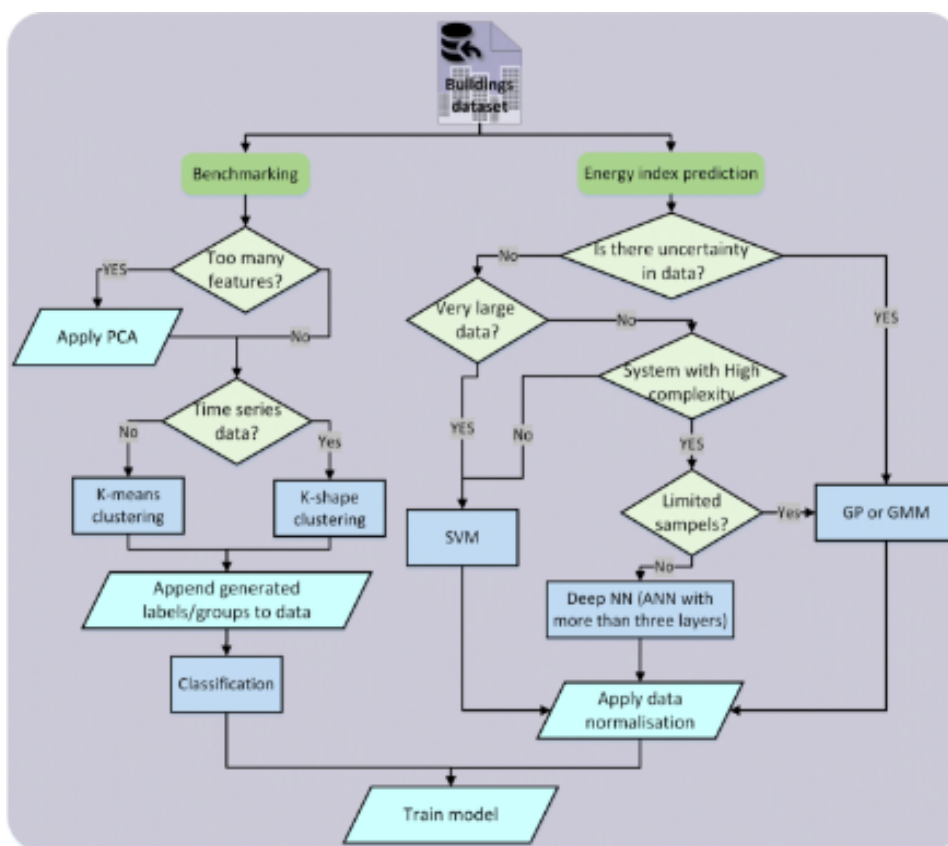
1. Encontrar o problema na prática	É necessário prover informação qualificada sobre as formas de reduzir o consumo e mitigar o desperdício de energia elétrica em edificações.
2. Obter conhecimento geral e profundo do tema	Fundamentação teórica sobre os temas: Balanço Energético Nacional, <i>Smart Grids</i> e <i>Smart Buildings</i> que auxiliam monitoramento inteligente do consumo de energia elétrica e técnicas da Inteligência Artificial na otimização destes processos.
3. Examinar o potencial de investigação	Examinar as potencialidades de aplicação prática dos referencias teóricos abordados;
4. Criar uma solução inovadora e desenvolver um artefato	Criar um modelo conceitual para plataforma, provavelmente na forma de um aplicativo de smartphone, capaz de informar o consumo energético em tempo real com opções de otimização do consumo e redução do desperdício, com base nos inputs e perfil do usuário, caracterizado nesta pesquisa como o morador ou grupo de moradores.
5. Implementar uma solução e testar	Realizar testes do modelo através da avaliação experimental por simulação, tanto para a escolha da implementação, bem como para avaliação dos dados gerados.
6. Refletir sobre a aplicabilidade	Refletir sobre os resultados apresentados na validação do Modelo, após a análise dos resultados verificados. Avaliação dos processos e verificação se há possibilidade de sua aplicação em contextos semelhantes
7. Identificar e analisar as contribuições teóricas	Verificar se houve avanço no campo teórico, realizar discussão considerando todo o processo (impactos, posicionamentos e mudanças). Analisar qual a contribuição do artefato

Fonte: Autores.

4. DELINEAMENTO

Verifica-se nesta etapa como técnicas da Inteligência Artificial (AI) podem otimizar a tomada de decisão para um consumo consciente através da classificação de padrões por aprendizado de máquina (ML). A partir da bibliografia estudada, apresenta-se o modelo teórico (Fig.1) que contribui para o desenvolvimento do artefato desta pesquisa. Foi utilizado o modelo de previsão de energia de construção e benchmarking sugerido por SEYEDZADEH et al (2018), como estrutura para selecionar o método de aprendizado de máquina para estimativa de consumo de energia e desempenho de edifícios.

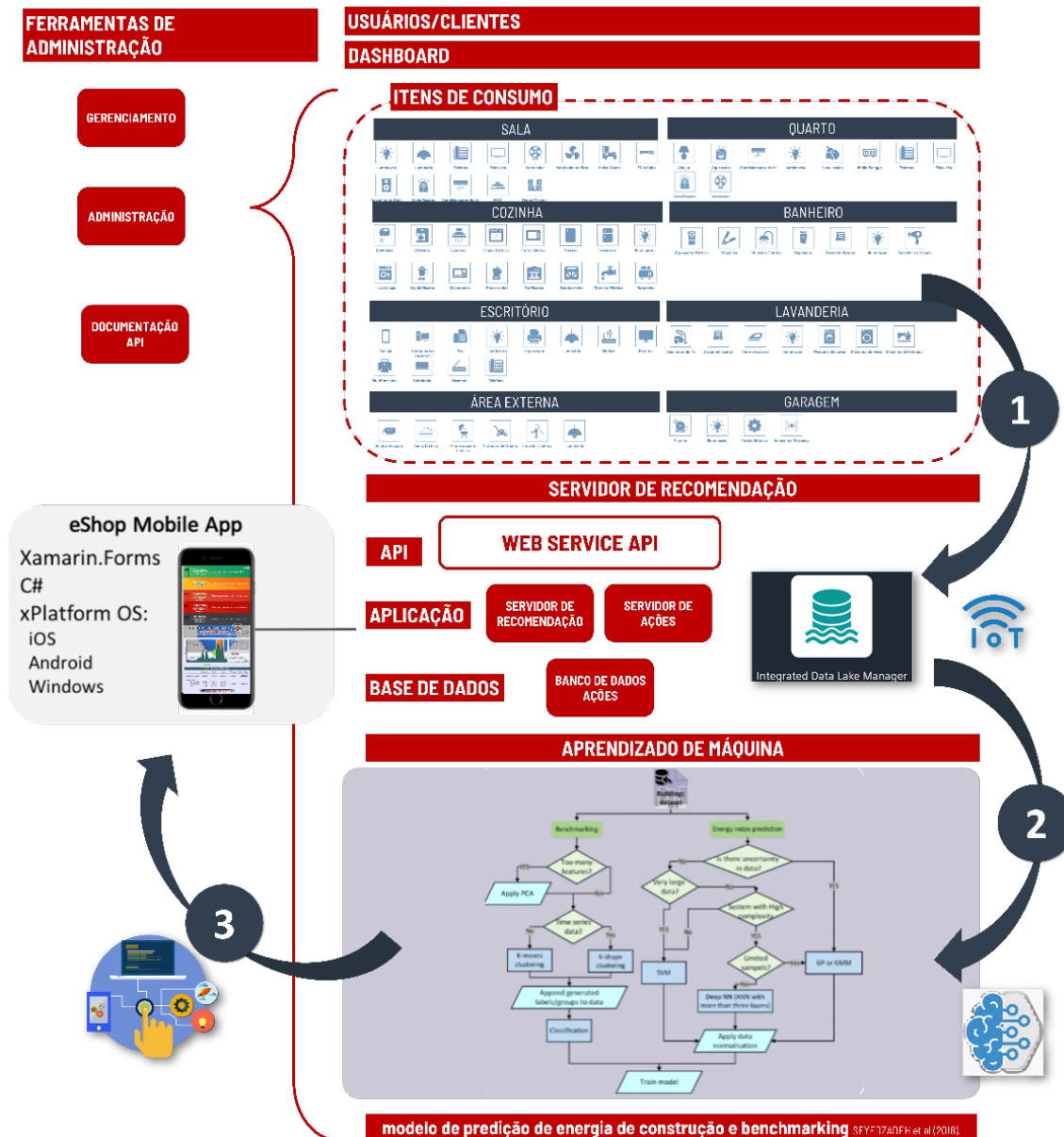
Figura 1 - modelo de previsão de energia de construção e benchmarking



Fonte: SEYEDZADEH et al (2018).

Propõem-se o artefato (Fig.2) composto por um modelo conceitual para plataforma capaz de informar o consumo energético em tempo real com opções de otimização do consumo e redução do desperdício, com base nos inputs e perfil do usuário, caracterizado nesta pesquisa como o morador, ou grupo de moradores.

Figura 2 - Proposta de artefato - modelo conceitual para plataforma



Fonte: autores.

As etapas sugeridas pelo aplicativo consistem em: (1) Instrumentar os equipamentos de consumo de energia através do uso de IoT; (2) consolidar uma API capaz de fornecer os dados coletados para construção de gráficos de monitoria de gastos (Dashboard); (3) Uso de algoritmos para a classificação do consumo dos usuários, predição de gastos futuros e sugestão de melhorias para o usuário.

Espera-se: (a) Definir um protocolo/contrato de API para que os dispositivos possam fornecer dados para o servidor. Caso isso não seja possível, nem todos os dispositivos fazem conexão HTTP, sugerir um intermediário. (b) Definir a frequência de coleta de dados/ armazenamento de dados e o servidor/API responsável por receber esses dados, armazená-los e fornecê-los mediante a HTTP *requests*. (c) Entender as barreiras temporais associadas com cada etapa da análise. (d) Usar alguma técnica de clusterização para a compreensão dos dados e agrupamento dos perfis de consumo, e/ou a técnica do PCA para entender qual componente tem mais importância na variância total dos dados, é uma técnica muito válida para se visualizar o posicionamento em um plano 2d/3d de um grupo de informações que tenham mais de 3 dimensões. Técnicas de regressão (logística, linear) podem servir para prever gastos futuros. Existe uma técnica chamada ARIMA que inclusive pode ser usada para entender a sazonalidade. As barreiras temporais são referentes às etapas de coleta de dados, de treinamento, de avaliação.

Sendo assim, considera-se fundamental:

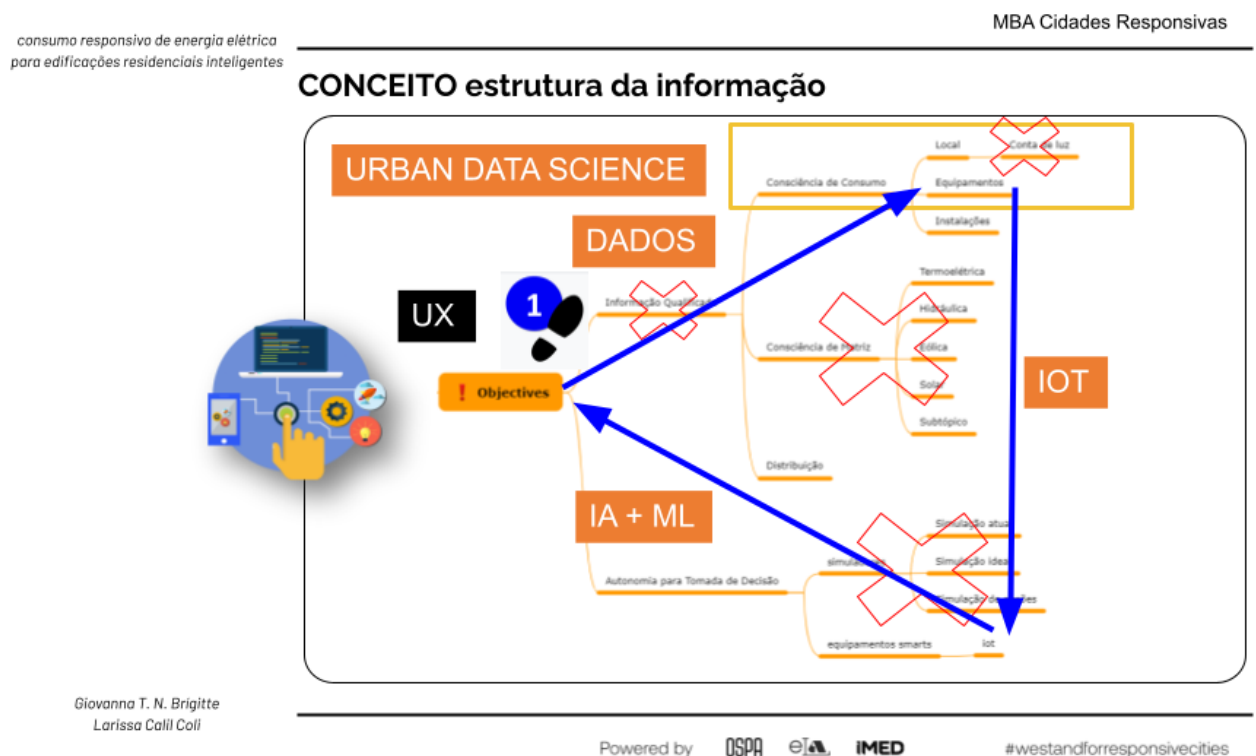
1. Definir alguns exemplos de periféricos que podem ser usados;
2. Definir o contrato/protocolo a ser seguido;
3. Definir quais métricas serão usadas para a avaliação do gasto;
4. Desenhar as telas do aplicativo principalmente as telas do *dashboard*.

5. RESULTADOS

5.1. ESTRATÉGIA DO ARTEFATO

Pensando na cadeira de consumo energético, o modelo tira a complexidade do aprendizado por leitura e volume de conteúdo, para uma comunicação mais direta, ao passo da necessidade e realidade do usuário, focando inicialmente onde os usuários já têm o contato: nos equipamentos (Fig.3). Para assim ir avançando na cadeia de serviços e suprimentos (Fig.4).

Figura 3 - Estratégia de Desenvolvimento do Aplicativo.



Fonte: autores.

Com o entendimento do funcionamento (da energia) em sua residência, teremos a consciência de consumo. Assim, será possível ampliar o entendimento para a consciência sobre a matriz (de geração energética) : de onde vem e com isso se poder escolher dentre as opções ofertadas pelo mercado, de acordo com a realidade de cada local.

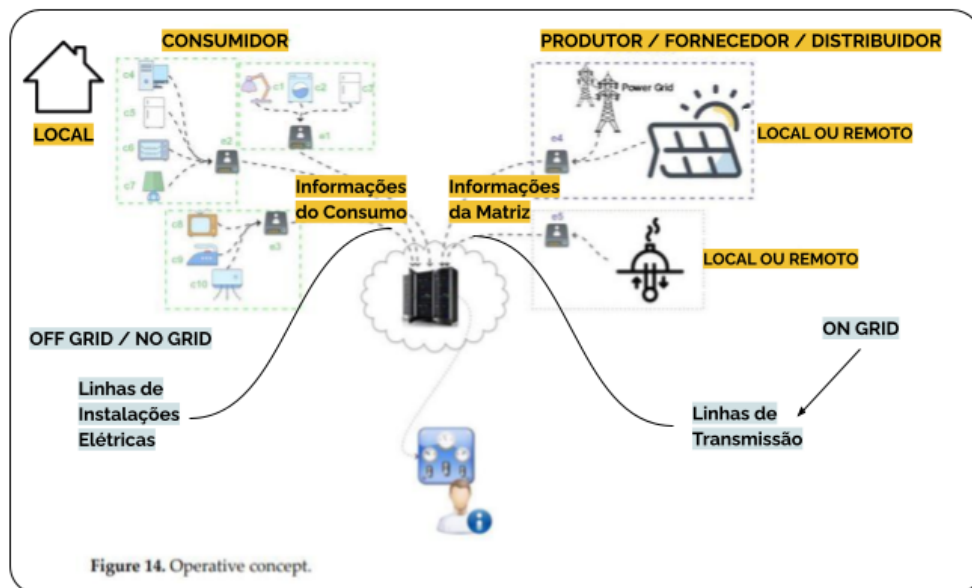
No caso do consumo energético, faz sentido aprofundar em questões de economia como: (1) bandeira tarifária, (2) composição tarifária, (3) opções de matrizes existentes no mercado, etc. De ecologia como: (1) sustentáveis, (2) limpas, (3) renováveis, etc.

Figura 4 - Estratégia de Expansão das operações e funcionalidades

consumo responsivo de energia elétrica
para edificações residenciais inteligentes

MBA Cidades Responsivas

CONCEITO operacional de expansão



fonte: https://www.researchgate.net/publication/351011304_Cyber-Physical_Systems_Improving_Building_Energy_Management_Digital_Twin_and_Artificial_Intelligence/link/60777c08ea909241e1214e4/download

Giovanna T. N. Brigitte
Larissa Cali Coli

Powered by OSPA EIA IMED

#westandforresponsivecities

Fonte: autores.

A conscientização e envolvimento dos agentes com assuntos sistêmicos permitem a partir do momento das bandeiras tarifárias, entendermos questões como a bandeira de escassez hídrica vinculada à crise hídrica e energética. Possibilitando discussões em escala mundial.

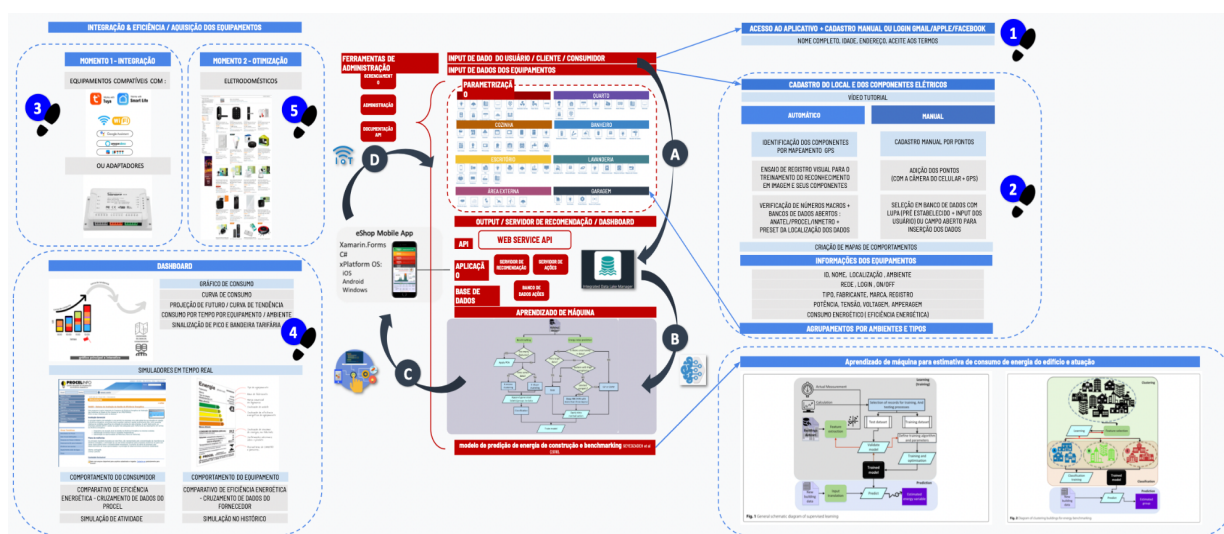
5.2. ARTEFATO – MODELO CONCEITUAL DE PLATAFORMA - APLICATIVO

Com base nas premissas de fundamentação anteriores, associadas às tecnologias da Indústria 4.0 (SEYEDZADEH et al, 2018; AGOSTINELLI et al, 2021; HAQUE et al, 2021), nosso artefato (Fig.3) se consolida como um modelo conceitual de uma plataforma. A princípio acessada por um aplicativo em um smartphone, se propõe a promover uma mudança no modo de consumir energia elétrica e tecnológica, agregando para este

processo do dia a dia a consciência do consumo, a percepção do comportamento e a responsividade.

Este aplicativo parte da integração entre equipamentos, tecnologias e simuladores existentes; utilizando-se de linguagens e padrões pré-estabelecidos e regulamentados. Sendo assim, seguimos com o detalhamento das partes conforme a Figura 5, que será descrita e complementada a seguir.

Figura 5 - Proposta de artefato - modelo conceitual para plataforma



Fonte: autores.

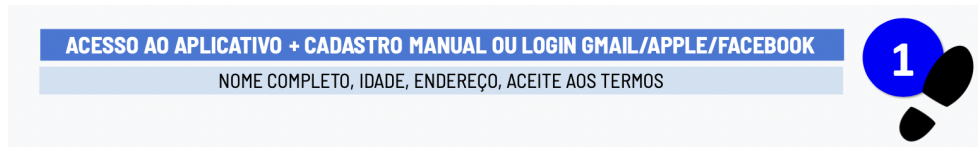
Para o aprofundamento no modelo, iniciamos o entendimento pela perspectiva do usuário. Com a chamada ao "humano conectado" em busca de se conectar com a pessoa que já possui a familiaridade com a internet. Perfil de usuário considerado como responsivo nesse ambiente. A chamada ao usuário propõe "5 passos para tornar a sua casa smart", sendo eles:

- 1 - Acesso ao Aplicativo e o Cadastro ou Login;
- 2- Cadastro dos Equipamentos;
- 3- Integração e Produtos *Smarts*;
- 4- Dashboard e Monitoramento;

5- Otimização.

Para a inicialização, o usuário deverá no primeiro passo acessar o aplicativo e cadastrar-se(Fig.6).

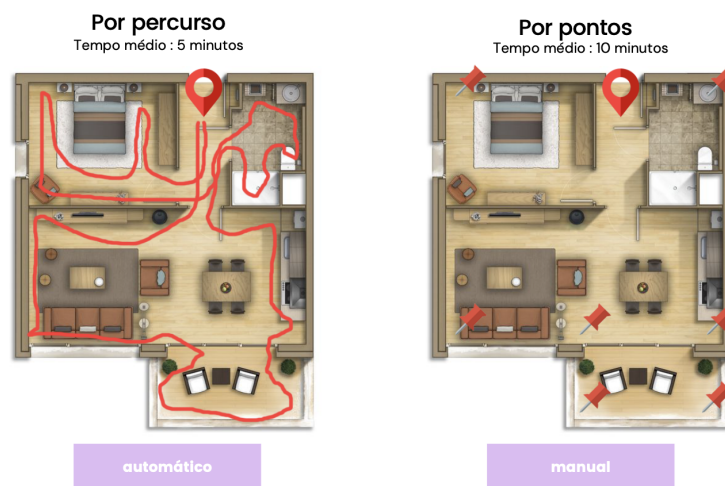
Figura 6 - Passo 1 - Acesso ao Aplicativo & Cadastro ou Login



Fonte: autores.

O segundo passo (Fig.7) será do cadastro dos equipamentos e poderá ser feita de duas formas conforme as imagens a seguir:

Figura 7 - Passo 2 - Cadastro dos Equipamentos - Perspectiva do Usuário



*tempo médio representativo

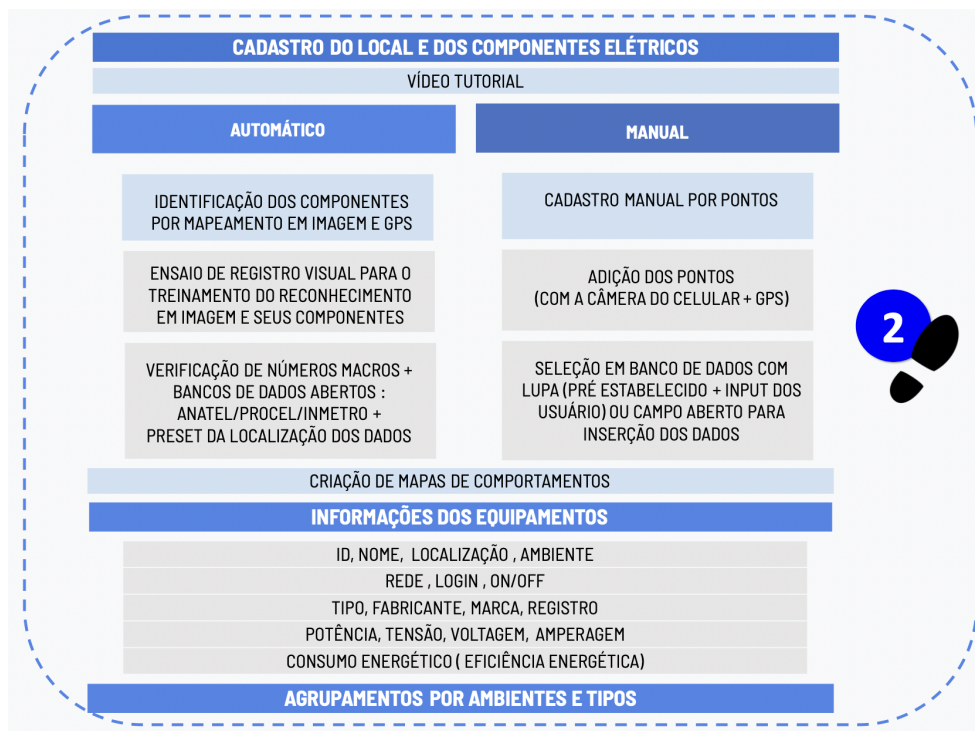
Fonte: autores.

Sendo uma opção "automática", por percurso, onde o usuário aponta a câmera do celular e caminha pela sua residência, registrando assim os equipamentos, aparentemente de forma "mágica", porém muito complexa e predefinida. E outra opção com a possibilidade do cadastro "manual", podendo funcionar melhor para situações de instabilidade da rede de internet, onde a parte de maior "atrito" (trabalho cansativo)

fica a encargo do usuário, porém de forma guiada e ilustrada pelo aplicativo. Direcionando a resolver uma situação ou problema de cada vez(Fig.8).

Também será adicionado um vídeo ilustrado para entendimento prévio dessa etapa.

Figura 8 - Passo 2 - Cadastro dos Equipamentos - Interface



Fonte: autores.

Este passo armazenará a quantidade de equipamentos, as suas especificidades, a sua localização e a informação se possui o acesso à rede ou não. Informações nomeadas como "input do usuário" que contém as métricas e parâmetros dos equipamentos que serão utilizados para o próximo terceiro passo, o da integração e equipamentos smart.

Em um primeiro momento de uso da plataforma se fará necessária a integração, ou seja, a comunicação dos equipamentos com a nossa interface. Essa comunicação poderá ocorrer de 3 formas (Fig.9). Através de equipamentos que já possuam a função "smart" e poderão ser sincronizados com a plataforma. A segunda opção é através de dispositivos adaptadores ou então através da aquisição de novos equipamentos eletrodomésticos. As duas últimas opções poderão ser adquiridas no próprio aplicativo através de uma eShop integrada.

Figura 9 - Passo 3 e 5 - Integração e Otimização- eShop (loja nativa).



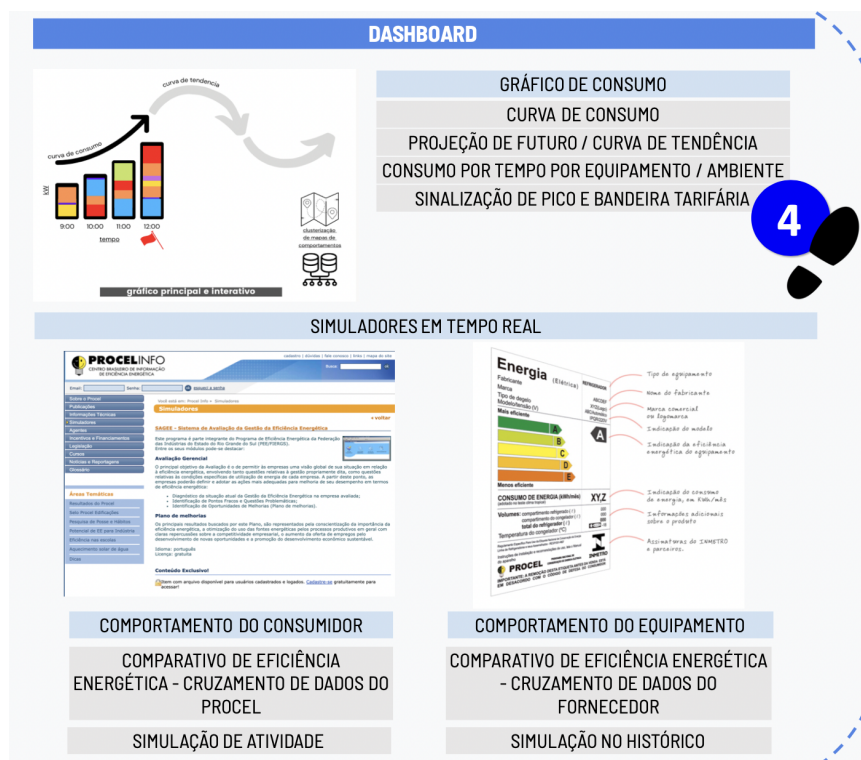
Fonte: autores.

A eShop viabiliza a retroalimentação e rentabilidade do modelo. Nela teremos espaços reservados para patrocínio, será possível estabelecer parcerias com marcas de fornecedores deste mercado e receber por comissão por venda de produtos. Outra funcionalidade que está sendo considerada é o código aberto para que as empresas possam se conectar a nossa interface, ou seja, com integrações bidirecionais.

A aquisição de novos produtos eletrônicos se fará mais importante após o quarto passo do dashboard e monitoramento (Fig.8), no quinto passo, momento em que iremos pensar na eficiência energética, na otimização³ do consumo.

³ o processo de otimizar, de tornar ótimo. A busca da excelência. É o emprego de técnicas para seleção das melhores alternativas, com o propósito de alcançar os objetivos determinados.

Figura 10 - Passo 4 - Dashboard e Monitoramento.



Fonte: autores.

O gráfico principal e interativo (Fig.10) do dashboard demonstrará a curva total do consumo energético, com as parciais do consumo por tempo de cada equipamento e/ou cada ambiente. Também teremos a visão da projeção de futuro com uma curva de tendência baseada no comportamento de consumo do usuário. Informações que poderão ser acompanhadas em tempo real, com a inserção de novas informações a cada uso dos equipamentos. Considerando o registro das atividades a partir das situações: ligado, em modo de espera ou desligado ("on / stand by / off").

Além do acompanhamento das atividades, o entendimento do seu comportamento de consumo será visto através dos comparativos de consumo com índices e informações de eficiência energética externas cruzadas; onde o usuário poderá simular novos comportamentos, ver a perspectiva de como será a mudança, com sinalizações do sistema para situações de otimização.

Da mesma forma terá a simulação do comportamento dos equipamentos. Essa, a partir das informações de eficiência licenciadas pelos fabricantes, obtida através de selos como o de eficiência energética Procel e Inmetro, com classificação e etiquetagem. O sistema também indicará equipamentos que poderão ser substituídos.

Outro item importante que será possível destacar é a sinalização das bandeiras tarifárias. Neste momento entraremos com a educação sobre a precificação do consumo. Onde será possível analisar como será possível economizar ou atribuir mais conforto.

Os usuários de uma mesma residência poderão ser cadastrados separadamente e interagir entre si e entre os equipamentos. Promovendo análise comparativa e noção de responsabilidade sobre o consumo.

5.3. ARTEFATO – MODELO CONCEITUAL DE PLATAFORMA - LUR

Na escala das **idades** (Fig.11), o trabalho visa trazer para fora essa experiência do usuário na interface em um ambiente físico, dinâmico e sensorial, aqui denominado: laboratório urbano responsivo (LUR). Convergindo assim na materialização e representação das informações e conhecimento adquirido para a comunidade local. A princípio pensado para ser instalado em um edifício de patrimônio histórico, local considerado como ideal para parcerias público-privado e envolvimento com o público. A verificar o interesse de participação e viabilidade em conjunto com Responsive Cities Institute e a Prefeitura Municipal local.

Com a atratividade do modelo, será possível que as empresas locais se cadastrem na eShop, loja integrada ao artefato; e sejam indicadas por ranking de qualidade de entrega e região. Neste momento promoveremos o comércio local e poderemos incentivar dinâmicas com o tema da "**cidade que queremos**" [PMSP, 2012].

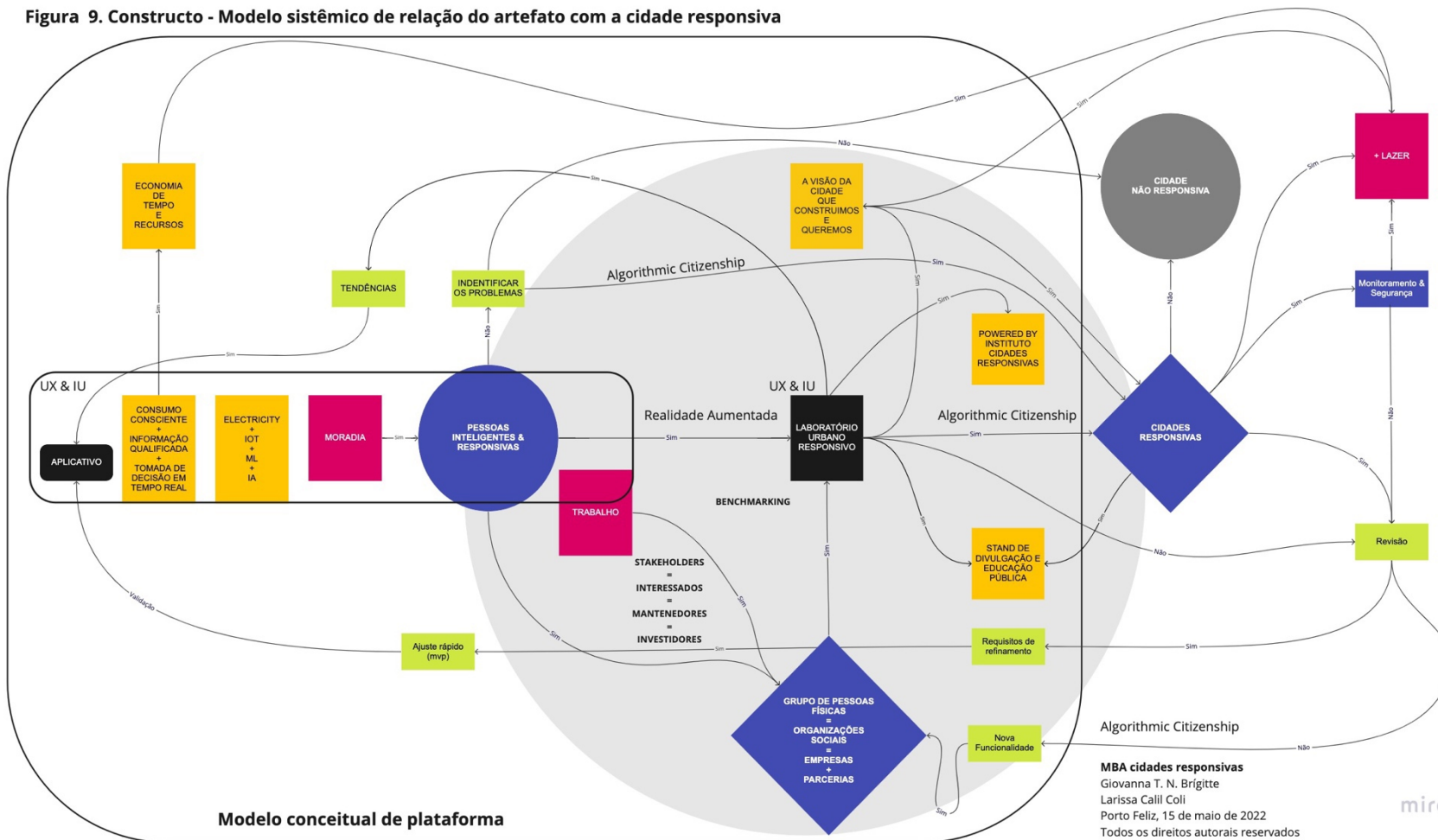
Iniciando assim um processo de transformação massiva nas perspectivas de dentro para fora e de fora para dentro, com o interesse convergindo de todas as partes. Pessoas, empresas, academia educacional e gestão municipal.

Considera-se ainda a possível aderência do modelo do artefato para uso em ambientes públicos, institucionais, industriais e comerciais. A se utilizar de ID pessoal, jurídico, de ambientes e das coisas.

Com tecnologia existente para se formatar para outras projeções e telas que permitam interações com maior número de pessoas, usar-se-á da realidade aumentada.

Figura 11. Constructo - Modelo sistêmico de relação do artefato com a cidade responsiva

Figura 9. Constructo - Modelo sistêmico de relação do artefato com a cidade responsiva



Fonte: autores.

5.4. ARTEFATO – GENERALIZAÇÃO

Com a possibilidade de generalização e expansão do modelo conceitual em formato de "games" (jogos virtuais) e metaverso.

5.5. ARTEFATO – SUGESTÃO DE ESTUDO DE CASO

Proposto a iniciar o LUR na cidade de Porto Feliz, população estimada de 53.698 (IBGE, 2021), localizado no estado de São Paulo, região sudeste do Brasil.

Região que representa praticamente 50% do consumo total de energia elétrica do país. Sendo o setor residencial, o segundo maior consumidor com 35%, conforme o Anuário Estatístico de Energia Elétrica de 2021.

Porto Feliz é a cidade natal de uma das autoras, o que agrega valor e networking, somado ao propósito de promover a transformação objetiva da realidade.

A cidade de Porto Feliz está em processo de revisões de processos administrativos e digitalização.

REFERÊNCIAS

AGOSTINELLI, Sofia et al. Cyber-Physical Systems Improving Building Energy Management: Digital Twin and Artificial Intelligence. **Energies**, v. 14, n. 8, p. 2338, 2021.

ANTONOPOULOS, Ioannis et al. Artificial intelligence and machine learning approaches to energy demand-side response: A systematic review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 130, p. 109899, 2020.

CGEE (2021). **Centro de Gestão e Estudos Estratégicos**. <https://www.cgee.org.br/>. Acessado em julho, 2021.

DEL RIO, Larissa; EICHNER, Andre; RIZZETTI, Tiago Antônio. Plataforma e-consumo: Monitoramento Inteligente do Consumo de Energia Elétrica em Residências. In: **Anais da XVII Escola Regional de Redes de Computadores**. SBC, 2019. p. 1-8.

DUARTE, G. R.; FONSECA, L. G. da; GOLIATT, P. V. Z. C.; LEMONGE, A. C. de C. Comparison of machine learning techniques for predicting energy loads in buildings. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 3, p. 103-115, jul./set. 2017. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212017000300165>

Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Balanco Energético Nacional**, Ano base, 2020.

HAQUE, Halima et al. Demand Analysis of Energy Consumption in a Residential Apartment using Machine Learning. In: 2021 IEEE International IOT, Electronics and Mechatronics Conference (**IEMTRONICS**). IEEE, 2021. p. 1-6.

HIMEUR, Yassine et al. Artificial intelligence based anomaly detection of energy consumption in buildings: A review, current trends and new perspectives. **Applied Energy**, v. 287, p. 116601, 2021.

PAZI, Sisa; CLOHESSY, Chantelle M.; SHARP, Gary D. A framework to select a classification algorithm in electricity fraud detection. **South African Journal of Science**, v. 116, n. 9-10, p. 1-7, 2020.

SEYEDZADEH, Saleh et al. Machine learning for estimation of building energy consumption and performance: a review. **Visualization in Engineering**, v. 6, n. 1, p. 1-20, 2018.

EPE. Anuário estatístico de energia elétrica. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/anuario-estatistico-de-energia-eletrica>>. Acesso em: 30 de out. 2021

HAQUE, Halima et al. Demand Analysis of Energy Consumption in a Residential Apartment using Machine Learning. In: 2021 IEEE International IOT, Electronics and Mechatronics Conference (**IEMTRONICS**). IEEE, 2021. p. 1-6.

IBGE. Estatísticas. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/financas-impostos-e-gestao-publica/2021/08/populacao-brasileira-chega-a-213-3-milhoes-de-habitantes-estima-ibge>>. Acesso em: 30 de out. 2021.

LUKKA, K. The constructive research approach. In Ojala, L. & Hilmola, O-P. (eds.) Case study research in logistics. **Publications of the Turku School of Economics and Business Administration**, Series B1, p.83-101, 2003.

ENEL. Entenda os valores cobrados de acordo com as condições de geração de energia do país. Role a página! Disponível em: < https://www.enel.com.br/pt-saopaulo/Para_Voce/Bandeira_Tarifaria.html>. Acesso em: 5 de fev. 2022.

BRASIL. Ministério da Economia. Conheça mais sobre a etiqueta do PBE. Disponível em Gov.br: <<https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/conheca-mais-sobre-a-etiqueta-do-pbe>>. Acesso em: 5 de fev. 2022.