



Instituto Federal da Bahia
Departamento de Computação

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas e Produtos

**IN-OUTDOOR INTERACTIVE
VISUALIZATION**

Rafael Bispo da Silva

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Salvador
21 de dezembro de 2020

RAFAEL BISPO DA SILVA

IN-OUTDOOR INTERACTIVE VISUALIZATION

Esta Dissertação de Mestrado foi apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas e Produtos da Instituto Federal da Bahia, como requisito final para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Sistemas e Produtos.

Orientador: Prof. Dr. Renato Lima Novais
Coorientador: Prof. Dr. Manoel Carvalho Marques Neto

Salvador
21 de dezembro de 2020

Biblioteca Raul V. Seixas – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA - Salvador/BA.
Responsável pela catalogação na fonte: Samuel dos Santos Araújo - CRB 5/1426.

S586i Silva, Rafael Bispo da.
In-outdoor interactive visualization / Rafael Bispo da Silva.
Salvador, 2020.
60 f. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia de Sistemas e Produtos) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia.

Orientação: Prof. Dr. Renato Lima Novais.

Coorientação: Prof. Dr. Manoel Carvalho Marques Neto.

1. Engenharia de software. 2. Visualização de dados. 3. Sistemas web. I. Novais, Renato Lima. II. Marques Neto, Manoel Carvalho. III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia. IV. Título.

CDU 2 ed. 004.41

TERMO DE APROVAÇÃO

RAFAEL BISPO DA SILVA

IN-OUTDOOR INTERACTIVE VISUALIZATION

Esta Dissertação de Mestrado foi julgada adequada à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Sistemas e Produtos e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas e Produtos da Instituto Federal da Bahia.

Salvador, 21 de dezembro de 2020

Prof. Dr. Renato Lima Novais
Instituto Federal da Bahia

Prof. Dr. Sandro Santos Andrade
Instituto Federal da Bahia

Prof. Dr. Manoel Carvalho Marques Neto
Instituto Federal da Bahia

Prof. Dr. Manoel Gomes de Mendonça Neto
Universidade Federal da Bahia

RESUMO

O monitoramento visual de espaços é relevante para muitas aplicações reais. É muito comum que as aplicações existentes monitorem espaços externos, enquanto apenas alguns se concentram em áreas internas. Em alguns casos, ainda é necessário monitorar os dois tipos de áreas de forma integrada. Por exemplo, no espaço interno de um grande evento, pode ser necessário compreender o comportamento das pessoas que estão na parte externa. Infelizmente, as soluções existentes não fornecem uma visualização integrada de espaços abertos e fechados. Este trabalho apresenta a *In-Outdoor Interactive Visualization - I²V*. Esta solução é uma biblioteca JavaScript para integração visual entre ambientes internos (por meio de visualização de planta georreferenciada) e locais externos (por meio de visualização de mapa). A *I²V* também pretende ser flexível, para que possa ser usada com facilidade para desenhar representações de edifícios. Para avaliar a eficácia da *I²V* conduzimos um experimento em que investigamos como a *I²V* afeta a compreensão de dados internos e externos combinados em um cenário específico: monitoramento de emergência. Além disso, queríamos medir como a *I²V* ajuda a equipe na tomada de decisões. Para fornecer informações aos participantes e coletar *feedback* deles utilizamos um vídeo e um formulário. Os resultados foram positivos, mostrando um grande potencial da *I²V*.

Palavras-chave: Engenharia de Software, Visualização de dados, Sistemas Web

ABSTRACT

Visual monitoring of spaces is relevant for many real applications. Most of the existing applications monitor outdoor spaces, while only a few focus in indoor areas. In some cases, it still needs to monitor both areas in an integrated way. For example, in a large event in an indoor space, it may be necessary to understand the crowd's behavior outside. Unfortunately, the existing solutions do not provide an integrated in-outdoor visualization. This paper presents In-Outdoor Interactive Visualization – I^2V . This solution is a JavaScript library for visual integration between indoor environments (through georeferenced floor plan visualization) and outdoor locations (through map visualization). I^2V also aims to be flexible, so that it can be ease used to draw building representations. We conducted an experiment to evaluate the effectiveness of the I^2V . The goal was to investigate how I^2V affects the understanding of internal and external data combined in a specific scenario: emergency monitoring. Also, we wanted to measure how the I^2V helps the team in their decision making. We used a video and a form to provide information to the participants and collect feedback from them. The results were positive, showing a great potential of the I^2V .

Keywords: Software Engineering; Data Visualization; Web systems;

SUMÁRIO

Capítulo 1—Introdução	1
Capítulo 2—Revisão Bibliográfica	5
2.1 Visualização de Informação	5
2.2 Visualização de Ambientes	7
2.2.1 Ambientes internos	7
2.2.2 Ambientes externos	8
2.2.3 Json	8
2.2.4 Trabalhos Relacionados	9
Capítulo 3—In-Outdoor Interactive Visualization – I^2V	11
3.1 Componentes	12
3.2 Metáforas Visuais	13
3.3 Mecanismos de Interação	17
3.4 Fonte de Dados do I^2V	18
3.5 Ferramenta Auxiliar de Geração do JSON	19
Capítulo 4—O uso da I^2V como biblioteca JavaScript	23
4.1 Uso da I^2V	23
4.2 Exemplo Genérico de Uso	24
4.3 Exemplo Real	26
4.3.1 Lições Aprendidas	26
Capítulo 5—Avaliação Experimental	29
5.1 Cenário de uso	29
5.1.1 Ambiente	29
5.1.2 Atores e funções	30
5.1.3 Monitoramento	31
5.1.4 Incidente Finalizado	32
5.2 Estudo Experimental	33
5.2.1 Hipóteses	33
5.2.2 Cenário do experimento	34
5.2.3 Participantes	34
5.2.4 Procedimentos do Experimento	35

5.2.5	Questionário	36
5.2.6	Estudo Piloto	38
5.3	Resultados e Discussão	38
Capítulo 6—Conclusão		41
6.1	Contribuições	42
6.2	Limitações	42
6.3	Trabalhos Futuros	42

LISTA DE FIGURAS

2.1	Informações de direcionamento coletado do google maps	6
2.2	Informações de direcionamento coletado do google maps	6
3.1	Diagrama de componentes de módulos externos com a I^2V	13
3.2	I^2V Diagrama de componentes	13
3.3	Planta Baixa	14
3.4	Heatmap	16
3.5	Metáfora Iconográfica	16
3.6	Label ativo	17
3.7	Desenho Polígonos	20
3.8	Exportando Polígonos	21
4.1	Importando Script	23
4.2	Tecnocentro instância	27
5.1	Ambiente	30
5.2	Atores	31
5.3	Monitoramento	32
5.4	Incidente Finalizado	33
5.5	Perguntas e respostas	39

Capítulo

1

Neste capítulo é apresentada a introdução deste trabalho, apresentando a contextualização, motivação, problema e objetivo que levaram a produção do produto.

INTRODUÇÃO

Muitas aplicações e soluções possuem maneiras de monitorar pessoas e objetos em diversos ambientes diferentes (Shevchenko; Bychkov; Shevchenko, 2017)(HONG et al., 2010). Essas ações de monitoramento podem gerar dados importantes que, usados de maneira correta, podem ajudar organizações a analisar situações e tomar decisões. Algumas dessas aplicações possuem como principal foco o monitoramento de espaços abertos, como pistas e praças em uma cidade. Por exemplo, Kim et al. (KIM et al., 2012) descrevem um projeto do governo Coreano para monitorar toda uma cidade. Por outro lado, também existem outras aplicações cujo foco está no monitoramento de espaços fechados como por exemplo, *shoppings centers* ou hospitais. O trabalho de Yaeli et al. (YAELI et al., 2014) identifica e visualiza dados da localização de clientes dentro de *shoppings centers* a fim de entender o comportamento dessas pessoas.

Muitas aplicações que possuem foco em espaços abertos – *outdoor* – utilizam tecnologias relacionadas ao *Global Positioning System* (GPS) para poder utilizar posicionamentos nesses ambientes. Com os dados posicionais, essas soluções tendem a utilizar a metáfora visual de mapas para visualizar e compreender o que está sendo monitorado. Diversos são os exemplos de aplicações de monitoramento em ambientes abertos, inclusive para variados contextos. Como no contexto de Gestão de Emergência, em que o sistema DIORAMA (MS, 2016) que utiliza o GPS conjuntamente com visualizações em mapas possui o objetivo de melhorar a eficiência de operações de resgate em áreas urbanas. Outro exemplo, é o sistema simulador desenvolvido por Oguz et al. (OGUZ et al., 2010). Esse sistema simula situações de extremo perigo, como ataques terroristas ou explosões acidentais. Ele se baseia no grau de gravidade das situações para prover possíveis rotas de fuga para que o máximo de pessoas possam ser salvas. Outro contexto em que essas aplicações atuam é na agricultura. Existem alguns sistemas que objetivam a melhora da precisão do mapeamento de plantações, para que assim seja possível um controle maior de colheitas e de ações comuns em plantações (ZAGÓRDA; WALCZYKOVA, 2018).

Apesar do grande número de aplicações que possuem foco em ambientes abertos, é conhecido que os seres-humanos passam grande parte de suas vidas em ambientes fechados –

indoor. Estudos apontam que as pessoas ficam de 80% (NARCISO; MASLINKIEWICZ; FREITAS, 2014) a 92% (BUENO, 2013) de suas vidas em escolas, universidades, escritórios, etc. Devido a esse cenário, o desenvolvimento do monitoramento de ambientes fechados tem crescido cada vez mais (ZAFARI; GKELIAS; LEUNG, 2017). Isso ocorre devido à necessidade de coletar e analisar diversas informações sobre diferentes espaços fechados. Esses sistemas usam uma diversidade de sensores (baseados em tecnologias de radiofrequência, como WiFi (MOK; RETSCHER, 2007), RFID (Ni et al., 2003), *Bluetooth* (RODRIGUEZ; PECE; ESCUDERO, 2005), etc.) para coletar a maioria das informações necessárias. Nos trabalhos de Bargh e Groote (BARGH; GROOTE, 2008) e Ozdenizci (OZDENIZCI et al., 2011) foram usados, respectivamente, *Bluetooth* e *Near Field Communication* para localizar pessoas e objetos dentro de uma área interna. Os dados coletados permitiram gerar informações importantes para a tomada de decisões (BARGH; GROOTE, 2008) (OZDENIZCI et al., 2011). Infelizmente, os trabalhos atuais não se concentram nas visualizações de ambientes internos (NUNES et al., 2016). Quando fornecidas, essas visualizações são criadas para cenários específicos e precisam ser reconstruídas para cada espaço diferente analisado.

A partir de uma análise mais detalhada, em alguns casos pode ser necessário que exista uma integração entre sistemas de monitoramento de ambientes abertos e sistemas de monitoramento de ambientes fechados. Por exemplo, no contexto do gerenciamento de emergências uma operação de resgate pode precisar monitorar os espaços internos e externos. Por esse motivo, informações compartilhadas entre os dois tipos de espaços podem fornecer uma compreensão melhor de toda a situação, pois elementos móveis podem transitar entre os dois ambientes. Existem também, além do contexto de situações de emergência, outros contextos em que é necessário o monitoramento interno e externo de ambientes. Por exemplo, parques industriais ou grandes empresas que possuem muitos edifícios e precisam de um entendimento completo de sua área e como essas áreas podem interagir entre si. Outro bom exemplo é o caso do monitoramento de gasto de energia de diferentes locais de uma universidade, como as áreas abertas, quadras, etc. Cada local pode gastar mais ou menos energia e a possibilidade de monitorar qual deles possui o gasto mais elevado proporciona um maior potencial de decisão para quem analisa os dados. Assim, o gerente pode querer visualizar todo o consumo de energia do campus ou o consumo de um edifício específico. Esses exemplos demonstram que esse tipo de integração é importante em várias situações.

A maioria dos sistemas citados anteriormente consegue gerar uma boa quantidade de dados. Apesar desses dados gerados serem essenciais, o suporte por meio de visualizações pode melhorar o entendimento dessas informações (KEIM, 2002). Uma visualização intuitiva fornece aos gestores um maior entendimento da situação analisada. Isso acontece porque uma visualização eficaz pode ajudar a entender os dados mais rapidamente.

Considerando os problemas e oportunidades destacadas, este trabalho apresenta a In-Outdoor Interactive Visualization – I^2V . Esta solução é uma biblioteca JavaScript de visualização, que permite integração visual entre ambientes internos (através da visualização georreferenciada da planta baixa) e locais externos (através da visualização de mapas). A I^2V permite essa integração ao plotar às plantas baixas dos edifícios de maneira georreferenciada sobre um mapa. Isso permite que dados que estão sendo cole-

tados nos ambientes externos possam colaborar com os dados que estão sendo coletados nos ambientes internos e vice versa. Além disso, a I^2V apresenta características georreferenciadas que visam ser de fácil utilização, interativas e flexíveis através de um modelo entrada de dados bastante difundido no desenvolvimento de software. Isso ocorre, pois a I^2V recebe um estrutura de dados em formato JSON permitindo que diversos tipos de aplicações consigam utilizar as ferramentas disponibilizadas pela I^2V . Nessa estrutura o usuário pode definir os posicionamentos e dados referentes a cada parte da planta baixa. Desta forma, a I^2V pode facilitar o desenvolvimento dos projetos que necessitam de uma solução integrada que envolva os ambientes internos e externos. Consequentemente, diversas aplicações podem se beneficiar do uso da I^2V .

Esta dissertação apresenta a I^2V com foco em suas principais características arquiteturas e em seu uso. Além disso, foi realizado uma instanciação preliminar com o objetivo de mostrar o potencial dessa solução. Esta instanciação foi realizada utilizando os dados do Tecnocentro no Parque Tecnológico da Bahia para construção da planta baixa. Além disso, foi desenvolvida uma ferramenta com o intuito de facilitar o desenho das plantas baixas com georreferenciamento. Os resultados destacam o potencial da solução desenvolvida.

Com o intuito de validar se a I^2V possui capacidades de uso em um cenário de emergência real combinando ambientes *indoor* e *outdoor*, conduzimos uma avaliação experimental com especialistas que trabalham na gestão e monitoramento de emergências. Realizamos videoconferências com os participantes que assistiram um vídeo sobre a I^2V e responderam a um questionário sobre o uso e as características da I^2V . Os resultados foram promissores com *feedbacks* bastante detalhados. Os participantes relataram que a I^2V é bem intuitiva e provê detalhes das visualizações, além de cumprir o proposto de monitorar os espaços os participantes também afirmaram que a I^2V pode ajudar no planejamento de situações de crise. Isso mostra que a I^2V tem um grande potencial para ser utilizado em situações reais de gestão e monitoramento de emergências.

Como resultados deste trabalho, destacam-se: i) desenvolvimento e validação da biblioteca Javascript I^2V ; ii) o registro de software da I^2V junto a INPI; e iii) produção de artigo científico que foi submetido à revista *Expert Systems with Applications*.

Além desta introdução, este trabalho possui mais seis capítulos. No Capítulo 2 é abordado os temas de visualização de informação e de ambientes. No Capítulo 3 é apresentado a I^2V com seus componentes e metáforas visuais seguido do Capítulo 4 que mostra como a I^2V pode ser usada em uma instancia real. O Capítulo 5 apresenta a avaliação experimental conduzida. Por fim, a Seção 6 traz as considerações finais desta dissertação.

Neste capítulo é apresentado o embasamento teórico para este trabalho. São apresentados conceitos de Visualização da Informação e Visualização de Ambientes, os quais são os principais temas que constituem a I²V. Adicionalmente, são apresentados também os trabalhos relacionados.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO

É possível definir a visualização de informação como uma forma de comunicar informações variadas em representações visuais (WARD GEORGES GRINSTEIN, 2015). Imagens têm sido usadas por muito tempo como um mecanismo para comunicação mesmo antes do surgimento da escrita (WARD GEORGES GRINSTEIN, 2015). Isso pode ser interpretado como um sinal de que representações visuais podem ter um efeito positivo na compreensão de informações. Podemos perceber que geralmente quando uma informação é muito complicada de ser explicada por meio da escrita, tendemos a criar representações visuais dessas informações. Por exemplo, pode ser citado o uso contínuo de gráficos e tabelas em jornais, revistas e artigos científicos. Nos últimos anos, a quantidade de dados que são gerados e armazenados cresceu exponencialmente e ainda hoje continua a crescer. Desde *e-mails* até dados gerados por sistemas de sensoriamento (MAZZA, 2009) estão cada vez mais presentes no cotidiano. Essa grande quantidade de dados pode ser considerada importante, pois pode conter informação valiosa sobre variados temas. Com isso, a necessidade de análise desses dados torna-se mais necessária. Segundo Mazza (MAZZA, 2009), existem inúmeras situações em que representações visuais podem nos ajudar a compreender um grande número de dados. Por exemplo, é possível direcionar uma pessoa de um ponto a outro de diversas formas. Uma delas é com um texto direto informando as direções necessárias para se chegar de um ponto A até um ponto B, como pode ser visto na Figura 2.1.

Na Figura 2.1, nota-se que existem informações de como uma pessoa pode se deslocar de um ponto a outro. Porém, no ambiente real pode ser que essas informações se tornem um pouco mais complicadas de seguir, isso porque informações textuais tendem a ser mais difíceis de seguir com exatidão em um espaço físico. Entretanto, com a adição de recursos visuais, como pode ser visto na Figura 2.2, é possível que a compreensão das direções se

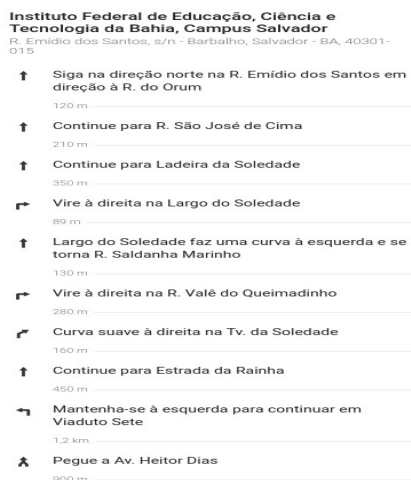


Figura 2.1 Informações de direcionamento coletado do google maps

Fonte: Google Maps

torne mais fácil, pois saber em que ponto se deve fazer uma curva pode ser mais fácil de entender caso as direções possam ser demonstradas visualmente. Desta forma, é possível perceber que a visualização de informação pode facilitar o entendimento de um conjunto de dados de forma mais intuitiva.

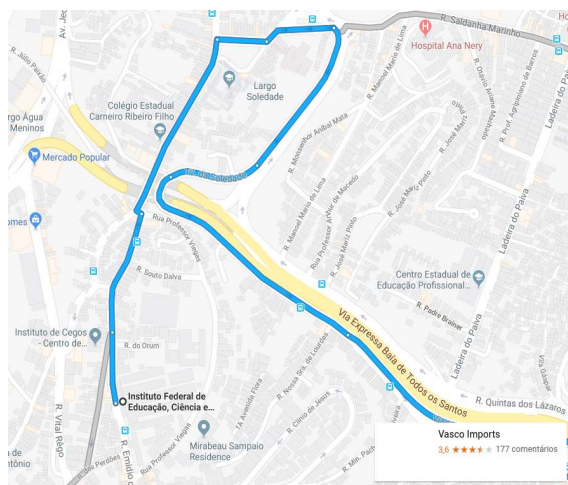


Figura 2.2 Informações de direcionamento coletado do google maps

Fonte: Google Maps

A visualização de informação pode se tornar uma grande aliada na análise de dados. Ela pode ajudar a dar respostas rápidas e eficazes para situações complexas, tais como cenários monitorados que envolvam uma rede bastante complexa de organizações (NUNAVATH et al., 2015). Desta forma, a visualização de informação pode ser crucial, pois objetiva ter a certeza que a informação chegará aos envolvidos da melhor maneira

possível e com a compreensão facilitada (NUNAVATH et al., 2015).

2.2 VISUALIZAÇÃO DE AMBIENTES

Diversas organizações coletam dados diariamente associados a ambientes internos e externos. No entanto, para gerar visualizações que sejam precisas é necessário uma análise bem feita antes de realizar a associação entre atributos reais e visuais. Atributos visuais são os atributos que irão compor a visualização. Exemplos desse tipo de atributo são cor, tamanho ou movimento de um componente visual (MAZZA, 2009). Por outro lado, atributos reais são os que vêm do mundo real (como por exemplo quantidade de salas, quantidade de pessoas ou emissão de gás de uma uma fábrica). Esses atributos são os dados que a visualização visa representar (e.g. número de objetos, a temperatura em um determinado local, a intensidade do vento, etc). Nos cenários interno e externo existem possibilidades e limitações para realizar o mapeamento de atributos reais para atributos visuais. Nas subseções a seguir, discutimos as principais possibilidades de cada um dos cenários.

2.2.1 Ambientes internos

A visualização de ambientes internos é uma abordagem para representar a área ou o espaço dentro de locais fechados. Esses espaços podem ser salas, corredores, edifícios, etc. As visualizações internas monitoram esses espaços para ajudar em uma variedade de circunstâncias, como reconhecimento de localização para fornecer indicadores que podem ajudar na tomada de decisões (GOETZ; ZIPF, 2010). Alguns cenários comuns em que as visualizações de espaços fechados podem ser aplicáveis são fábricas, hospitais, *shopping centers*, etc.

Existem alguns exemplos de trabalhos que utilizaram visualizações de ambientes fechados e precisavam mapear seus atributos reais em atributos visuais. Bal et al. (BAL et al., 2010) propõem um ambiente de visualização 3D para fins de reconhecimento de localização usando sensores. Lee et al. (LEE; LEE; CHUNG, 2008) construíram uma visualização para fornecer uma melhor compreensão dos dados de rastreamento de localização em ambientes fechados. Além disso, no “Projeto de um ambiente 3D de visualização e reprodução de eventos capturados e interpretados a partir de ambientes físicos cientes de contexto para aplicações de preparação para emergência”, da Universidade Federal de São Carlos (PROJETO... , 2006), existem representações visuais com o objetivo de obter o histórico da movimentação de pessoas dentro de espaços fechados.

Em todos os casos citados, os atributos visuais estão associados à representação de salas e andares de edifícios. Esses atributos reais são mapeados para atributos visuais, que dependem do próprio sistema desenvolvido nesses trabalhos. Por exemplo, os atributos reais podem ser a concentração de pessoas em quadrantes de *shopping centers* que visam monitorar onde está a maioria dos clientes e, conseqüentemente, quais lojas são mais populares. Para representar a concentração de pessoas, o sistema pode usar um atributo visual como cor. Assim, conforme a concentração aumenta, a cor escolhida fica mais escura. Outro exemplo comum é quando as fábricas desejam monitorar a emissão de gases

em determinados locais da empresa a fim de manter a segurança de seus funcionários. Esse atributo real pode ser transformado em atributos visuais combinados, semelhantes a um mapa de calor. O tamanho dos quadrados do mapa de calor pode representar as salas da fábrica e as bordas podem representar as paredes que as separam.

2.2.2 Ambientes externos

As visualizações de ambientes externos podem ser consideradas visualizações de locais abertos que geralmente usam mapas como paradigma visual. Esses espaços podem ser parques, ruas, vagas de estacionamento ou cidades inteiras, como podem ser vistos no trabalho de Dirk. (AHLERS et al., 2016). As visualizações externas também são construídas principalmente para monitorar circunstâncias importantes. Alguns cenários comuns são cidades inteligentes (Braem et al., 2016), canteiros de obras ou ambientes agrícolas (RUSS et al., 2009) .

Vários estudos analisaram situações em que aplicações que monitoram ambientes externos utilizaram visualizações para melhorar os sistemas e a maioria dessas visualizações tem mapas como o principal paradigma (DUSSE et al., 2015). Por exemplo, em (LEE et al., 2012) é apresentado o CityViewAR, um aplicativo para fornecer visualizações em escala municipal, mostrando como a cidade se parecia há algum tempo atrás. Além disso, nesse trabalho foram utilizadas técnicas de realidade aumentada na visualização do mapa. Behzadan et al. (BEHZADAN; COMMITTEE, 2008), com intuito de visualizar uma operação de construção, combinou realidade aumentada e mapas para facilitar a interação com os recursos da construção.

No entanto, as visualizações de ambiente externos geralmente se concentram no monitoramento de situações de controle em grande escala. Por exemplo, desastres naturais ou monitoramento de grandes plantações. Os atributos reais de situações como desastres naturais podem ser, por exemplo, locais onde um terremoto causou danos. Esse atributo real pode ser convertido em atributo visual, onde pontos no mapa com tamanhos diferentes representam locais afetados pelo terremoto e, quanto maior o ponto, mais danos o local sofreu. Por fim, (NITZSCHE et al., 2016) explica que a visualização de um terreno pode ajudar a agricultura a fornecer uma melhor compreensão dos dados coletados de uma plantação.

Existem vários atributos que os sistemas de visualização de ambientes abertos podem usar. No entanto, os atributos mais comuns, de acordo com (DUSSE et al., 2015), são cor e posição espacial. Quase sempre há visualização sobre mapas, uma vez que os dois atributos visuais citados podem ser facilmente integrados aos pontos de coordenadas dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Além disso, cor e posição espacial são atributos visuais que podem ser imediatamente observados e processados pela visão humana (MAZZA, 2009).

2.2.3 Json

Javascript Object Notation (JSON) tem se tornado o padrão de transferência de informações para aplicações RESTful (MARRS, 2017). Isso ocorre porque este formato de dados torna mais fácil a comunicação via rede entre diferentes aplicações, não importando em

qual tecnologia aquela aplicação foi escrita (MARRS, 2017). O JSON basicamente é um formato de arquivo que segue o modelo chave-valor tornando-o muito mais fácil de entender e acessar as informações (Ecma International, 2013), pois dessa forma a informação estará em pares sendo bem visível qual é o conteúdo e qual a chave é necessária ser usada para acessar este conteúdo. A seguir é possível ver um exemplo de como funciona a estrutura de um JSON:

```
{  
  "book": "JSON syntax"  
}
```

2.2.4 Trabalhos Relacionados

Os trabalhos relacionados à visualização de ambientes abertos e fechados geralmente buscam a identificação e o monitoramento de pessoas, objetos ou informações. Destacam-se abaixo alguns desses trabalhos que visam produzir visualizações ou fornecer estruturas e bibliotecas para criar visualizações de maneira mais fácil.

Lukasczyk et al. (LUKASCZYK et al., 2015), em seu trabalho, produziram um *Framework* multiplataforma capaz de gerar várias visualizações utilizando mapas com base em dados ambientais. Como pontos positivos, esse trabalho tem a possibilidade de adaptar e alterar dinamicamente os parâmetros de dados que a visualização mostrará, possibilitando ao usuário usar essas visualizações para situações em que dados estão continuamente mudando (e.g. casos de monitoramento do posicionamento de pessoas em determinado espaço). Como a I^2V , o trabalho de Lukasczyk et al. é capaz de adaptar os parâmetros de dados para suas visualizações, porém Lukasczyk et al. não estendem o trabalho para ser utilizável em aplicações externas e internas. Ainda como ponto negativo, nesse trabalho é possível observar que apesar de ser possível carregar diversos dados, as visualizações possuem recursos de interação limitados.

Em (JAIN, 2014), Jain trabalhou em uma aplicação com o objetivo de transformar a planta baixa de edifícios em mapas. Esses mapas são usados para guiar as pessoas, principalmente as pessoas com deficiência visual, dentro de locais fechados. Um dos pontos fortes desse trabalho é a capacidade da aplicação de mapear e gerar visualizações com base em plantas comuns de construção, que também é um foco da I^2V . Além dessa semelhança com a I^2V , destacam-se algumas diferenças. A principal diferença é que o objetivo final do aplicativo desenvolvido por Jain (JAIN, 2014) não é integrar visualizações internas e externas, mas sim orientar as pessoas dentro de espaços. Além disso, outro ponto negativo desse trabalho foi as visualizações muito generalistas que o aplicativo gerou. Seria possível ter um maior entendimento das áreas do local se as visualizações tivessem uma maior quantidade de detalhes.

Elmqvist e Soo (ELMQVIST; YI, 2015) estabelecem um conjunto de soluções reutilizáveis que ajudam a resolver os problemas mais comuns com visualizações. Esse trabalho utiliza as principais técnicas de visualização, como o mapeamento de atributos reais para atributos visuais ou o processo de construção de uma metáfora visual para atingir seus objetivos. Como ponto positivo, esse trabalho expõe alguns padrões para construir sistemas de visualização e pode ajudar no desenvolvimento de novas visualizações de qualidade. Esse trabalho difere da I^2V porque não se trata do desenvolvimento de um aplicativo ou

sistema. No entanto, as técnicas e padrões abordados são importantes para construir um sistema focado em visualizações.

O Google Maps apresenta uma solução muito próxima ao objetivo central da I^2V . Essa solução é denominada de Indoor Maps (GOOGLE, 2019). Essa ferramenta desenvolvida pelo Google mapeia ambientes fechados de maneira que quando os usuários aproximem utilizando o zoom óptico, de *shoppings* ou estádio por exemplo, possam visualizar as salas/dependências separadamente. Além disso, é possível filtrar as salas pelos seus andares correspondentes. Todas essas funcionalidades são bem semelhantes às disponibilizadas pela I^2V . No entanto, essas funcionalidades estão disponíveis somente através do Google Maps. Já com a I^2V é possível utilizar qualquer provedor de mapas como, por exemplo, o *Open Street Maps*. Outro quesito que a I^2V difere do Indoor Maps é a possibilidade das salas mudarem de cor de acordo com atributos reais, que mapeiam alguma variável de interesse, que são passados através do JSON que a I^2V necessita para construir a planta baixa (mais detalhes serão apresentados na Seção 3).

Os trabalhos acima apresentaram algumas abordagens possíveis de estruturas e visualizações a serem usadas em contextos de ambientes internos e externos. Alguns desses trabalhos estão focados em fornecer visualizações em um ambiente específico. Outros deles até oferecem alguns bons recursos, mas somente a solução do Google fornece funcionalidades parecidas com a I^2V . Ainda assim, a I^2V fornece algumas funcionalidades diferentes que enriquecem as possibilidades de visualização em ambiente fechados georeferenciados. Abaixo na Tabela 2.1 é possível notar as diferenças entre esses trabalhos.

Trabalho	Integração In-Outdoor	Vis. Flexíveis	Entrada de dados Flexíveis	Mapeamento automático
I^2V	✓	✓	✓	-
Lukasczyk et al.	-	-	✓	✓
Jain	-	✓	-	✓
Elmqvist e Soo	-	-	-	-
Indoor Maps	✓	-	-	✓

Tabela 2.1 Comparação Trabalhos relacionados

Neste capítulo vimos conceitos e definições importantes para a I^2V além de comparar a I^2V com alguns trabalhos relacionados. No próximo capítulo é detalhado o que é a I^2V , como foi desenvolvida e seus componentes, além de mostrar em mais detalhes as metáforas visuais utilizadas na I^2V , os mecanismos de interações e o formato de fonte de dados da ferramenta.

Neste capítulo é apresentado e descrito o que é a I^2V e como o projeto foi construído. Incluindo quais são os seus componentes, mecanismos de interação, fonte de dados da I^2V e as ferramentas auxiliares.

IN-OUTDOOR INTERACTIVE VISUALIZATION – I^2V

A In-Outdoor Interactive Visualization (I^2V) é uma aplicação Web flexível para visualizar dados de ambientes internos como hospitais, escolas e *shoppings centers* através de visualizações de plantas baixas e integrá-los com seus respectivos ambientes externos, utilizando a visualização de mapas. Além disso, a I^2V é uma aplicação visual genérica pois pode ser utilizada em diversas situações e interativa por possuir funcionalidades que facilitam o entendimento das visualizações, como o *zoom* e os *labels* de informações. Ela foi projetada para ter uma configuração inicial flexível, uma vez que utiliza estruturas JSON como fonte de dados, permitindo assim que o usuários modifiquem informações e dados das visualizações.

Grande parte dos recursos da I^2V são baseados na biblioteca JavaScript Leaflet (LEAFLET, 2019). O Leaflet é uma biblioteca JavaScript de código aberto, líder em mapas interativos compatíveis com dispositivos móveis e possui vários recursos de mapeamento (LEAFLET, 2019). Neste trabalho, o Leaflet é usado para criar a visualização de mapas de ambientes abertos. Além da visualização de ambiente aberto, o Leaflet combinado com um *plug-in*, chamado Leaflet Indoor, fornece a I^2V a visualização da planta baixa. Em termos de compatibilidade de dados, a I^2V utiliza JSONs como fonte de dados e esse JSON é o formato de dados que os usuários devem passar para a aplicação I^2V com o intuito de gerar as visualizações.

Ao utilizar os recursos e por ter as características acima citadas, a I^2V possui dois objetivos principais. O primeiro objetivo da I^2V é **fornecer maneiras flexíveis de visualizar dados de diferentes aplicações de ambientes internos e externos**. Para isso, a I^2V usa diferentes metáforas visuais – mapas, plantas baixas e mapas de calor – para visualizar os dados dos ambientes. Essas metáforas são flexíveis porque a entrada de dados pode ser facilmente alterada e como resultado as visualizações podem ser alteradas. Além disso, todas as visualizações da I^2V possuem o recurso de *zoom*, que torna o usuário capaz de visualizar a metáfora mais detalhadamente, o que traz uma interação maior entre visualização e usuário. O segundo objetivo da I^2V é **fornecer uma maneira**

de integração entre visualizações de sistemas com foco em espaços abertos e visualizações de sistemas com foco em espaços fechados. Para isso, a I^2V oferece ao usuário a experiência de ter todas as metáforas visuais georreferenciadas em uma visualização de mapa. Ela pode contribuir com a integração porque as aplicações de ambiente externos podem possuir recursos georreferenciados atrelados a elas. Por outro lado, as aplicações de ambiente fechado geralmente não são georreferenciadas, o que pode causar um distanciamento entre os dois tipos de aplicações. Portanto, a possibilidade de possuir visualizações compartilhando os dados e comportamentos em um mapa pode fornecer a chance de ver como os dados externos podem estar relacionados aos dados internos e assim, proporcionar uma melhor compreensão das situações. Além disso, essa integração pode ajudar pesquisadores, empresas e governos, fornecendo uma melhor compreensão dos dados, usando visualizações e consequentemente, oferecendo mais possibilidades de entender as informações com impacto nas decisões.

As subseções a seguir fornecem mais detalhes sobre a I^2V .

3.1 COMPONENTES

Como decisão do produto, projetamos a I^2V na forma de uma biblioteca JavaScript¹. Esta decisão permite que a I^2V seja usada em aplicações web, exigindo apenas o download e importação do código-fonte da biblioteca. Neste trabalho, o uso de JavaScript, especialmente as bibliotecas HeatmapJs e Leaflet, integram outros recursos que a I^2V usa para produzir visualizações. Além disso, usamos JavaScript como a linguagem de leitura de dados (JSON). Fornecidos pelos usuários, esses arquivos JSON têm um formato específico para a I^2V . Isso permite que a I^2V possa interpretá-los e assim construir as visualizações. O uso de JSON é explicado em detalhes na subseção da fonte de dados (Seção 3.4).

A arquitetura da I^2V é baseada em três blocos principais, como mostrado na Figura 3.1. O primeiro bloco inclui a biblioteca Leaflet e o plug-in Leaflet Indoor. Este bloco é um módulo externo ao I^2V , porém utilizado para criar as representações visuais externas e internas. O segundo bloco inclui a biblioteca JavaScript HeatmapJs. Esta biblioteca é também utilizada como módulo externo ao I^2V e fornece um meio para criar visualizações de mapa de calor. Em outras palavras, isso significa que a I^2V fornece aos desenhos de plantas baixas georreferenciadas um meio para visualizações de mapa de calor. Além disso, é possível utilizar outros recursos visuais (cores e ícones) e mecanismos de interação (filtragem, zoom, detalhes sob demanda) para gerenciar o espaço visualizado. Junto com esses dois recursos de terceiros, desenvolvemos o terceiro bloco: outra biblioteca JavaScript chamada I^2V , componente que se integra com as outras bibliotecas. O componente I^2V também lê e organiza os dados fornecidos pelo usuário e produz outra visualização definida como uma estrutura visual de iconografia. Na Seção 3.2, essas estruturas visuais serão explicadas em detalhes.

Como pode ser visto na Figura 3.1, a I^2V funciona utilizando recursos providos pelas bibliotecas de terceiros – HeatmapJs e Leaflet – integrando as funcionalidades de ambas -

¹Uma biblioteca JavaScript é um recurso que permite o desenvolvimento mais fácil de aplicativos baseados em JavaScript, especialmente para aplicativos da web (ACADEMY,)

neste caso a metáfora visual do *heatmap* e os desenhos georreferenciados sobre a metáfora visual de mapas - e adicionando novas funcionalidades. Dentre elas, há a possibilidade das cores das salas refletirem aos dados passados pelos usuários e a possibilidade de filtrar as salas de acordo com metadados dentre outras funcionalidades. Já na Figura 3.2 podemos ver que internamente a I^2V possui três componentes principais: um que é responsável em ler o JSON passado pelo usuário (**JsonReader**) fazendo ajustes nos dados caso necessário; outro componente que é responsável por gerar as visualizações (**VisualizationGenerator**), e, caso essa visualização precise de suporte dos módulos externos para ser gerada, esse componente se comunica com o componente **ExternalRequester** para utilizar os recursos externos.

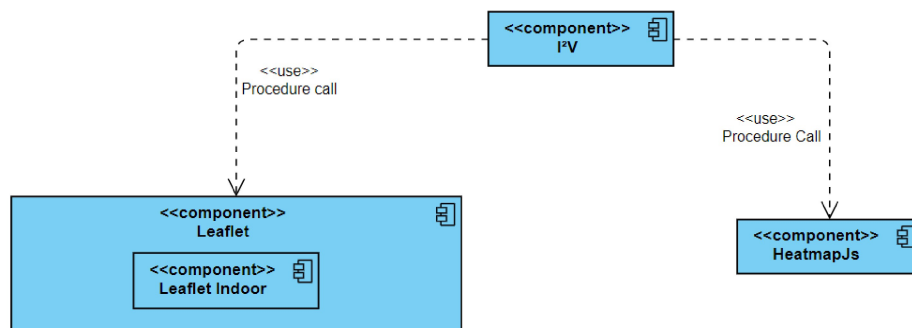


Figura 3.1 Diagrama de componentes de módulos externos com a I^2V

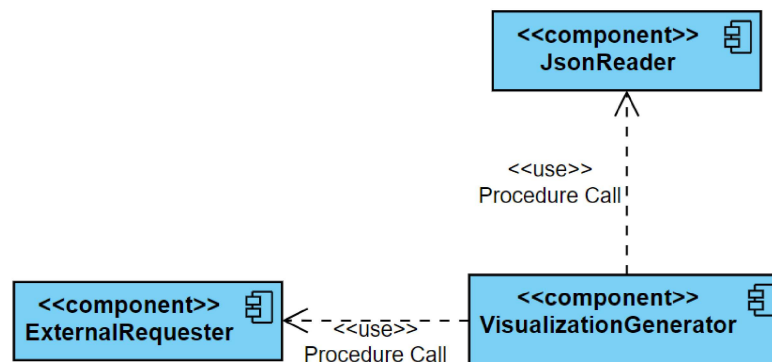


Figura 3.2 I^2V Diagrama de componentes

3.2 METÁFORAS VISUAIS

A I^2V possui cinco metáforas visuais, explicadas a seguir.

Planta Baixa – A visualização da planta baixa é a representação da I^2V dos edifícios que os usuários desejam representar sobre o mapa. Ela mostra a possibilidade proposta de ter lado a lado as visualizações externas e internas completamente integradas. Para isso, são utilizadas técnicas de georreferenciamento. Essa metáfora visual consiste em representações de quadriláteros no mapa que juntos representam a planta de um edifício. Além disso, há um controle de nível da representação do edifício que o usuário pode utilizar para visualizar diferentes andares do edifício representado. Na Figura 3.3, é possível ver a visualização interna que foi construída usando a I^2V . Essa visualização no mapa mostra a integração entre os ambientes internos e externos. Além disso, mostra que a visualização interna em um mapa pode fornecer algumas informações aos usuários. Por exemplo, pode mostrar qual rua está mais próxima de determinada área da planta baixa.



Figura 3.3 Planta Baixa

Coloração de áreas – Uma das metáforas visuais da I^2V que é bem importante é a coloração dinâmica dos polígonos que representam as áreas da planta baixa. Essa representação visual é construída a partir de parâmetros definidos no JSON que a I^2V aceita como estrutura de entrada de dados. Essa metáfora é construída a partir dos valores e cores atrelados aos seus respectivos polígonos, ou seja no JSON os polígonos

podem ter uma cor base e um valor de monitoramento e a partir destes valores a cor da área do polígono é definida. Neste trabalho essa metáfora foi definida como uma maneira de monitorar o ambiente interno com um atributo visual que pode representar diversas situações.

Mapa – Uma visualização de mapa é a representação visual de uma cidade, zona ou região georreferenciada. A visualização de mapa, neste trabalho, é usada com o objetivo de combinar a visualização interna e o recurso de georreferenciamento que é muito comum entre os sistemas de visualização externa. Para criar esta visualização, a I^2V usa as camadas fornecidas pelo Open Street Maps². Na Figura 3.3, é possível ver um exemplo desta metáfora visual. Observe que esta visualização é formada por um conjunto de imagens que representam edifícios, ruas, referências de localização.

Mapa de calor – Um mapa de calor pode ser considerado a representação de um conjunto de dados em que cada parte pequena possui um valor individual de uma matriz. À medida que o valor da métrica associada aumenta, a cor usada para representá-lo também muda (FRIENDLY, 2009). No trabalho de Zhao et al. (ZHAO et al., 2014), essa metáfora é apresentada em mais detalhes.

Esta metáfora visual pode ser considerada uma boa visualização para a I^2V devido à sua versatilidade. O mapa de calor pode ser usado para mostrar quantidade de diferentes atributos de interesse (e.g. concentração de pessoas, calor de máquinas ou concentração de objetos em uma área). Este tipo de visualização pode ser muito útil quando se trata da integração entre locais externos e internos. Devido à sua versatilidade, existem algumas aplicações que abordam o mapa de calor no contexto de espaços ao ar livre, como no trabalho de Ahlers et al. (AHLERS et al., 2016), onde o mapa de calor é usado para monitorar uma universidade como uma cidade dentro de uma cidade. Já outros trabalhos abordam o mapa de calor no contexto de espaços internos, por exemplo, o trabalho de Lanir et al. (LANIR et al., 2016) que usou o mapa de calor para visualizar o comportamento dos visitantes dentro de um museu. Na I^2V , o mapa de calor é mostrado como na Figura 3.4 e é possível perceber que ele pode englobar a área interna e externa ao mesmo tempo.

Metáfora Iconográfica – A I^2V usa atributos visuais iconográficos para representar pessoas na área monitorada. Em outras palavras, alguns ícones podem representar diferentes pessoas que estão em uma área dentro ou fora da visualização interna. Para isso, essa visualização mostra a localização de uma pessoa em uma coordenada específica. Assim, o usuário pode escolher entre quatro tipos de ícones, que são: a representação de pessoas com deficiência (Figura 3.5 - B); um homem (Figura 3.5 - C); uma mulher (Figura 3.5 - D), ou um grupo de pessoas (Figura 3.5 - E). Na Figura 3.5 - A, é possível ver a representação da visualização descrita acima (o prédio com alguns ícones representando pessoas). Atualmente a I^2V só possui esses ícones disponíveis. Porém, adicionando mais ícones a pasta *icons* é possível adicionar outras figuras como ícones. Esse tipo de representação pode facilitar uma operação de resgate, pois possui o ponto forte de destacar a posição das pessoas dentro do edifício, ajudando a executar uma estratégia de resgate

²Open Street Maps é um projeto de código aberto criado por uma comunidade de mapeadores com a intenção de fornecer um mapa do mundo inteiro (HAKLAY; WEBER, 2008).

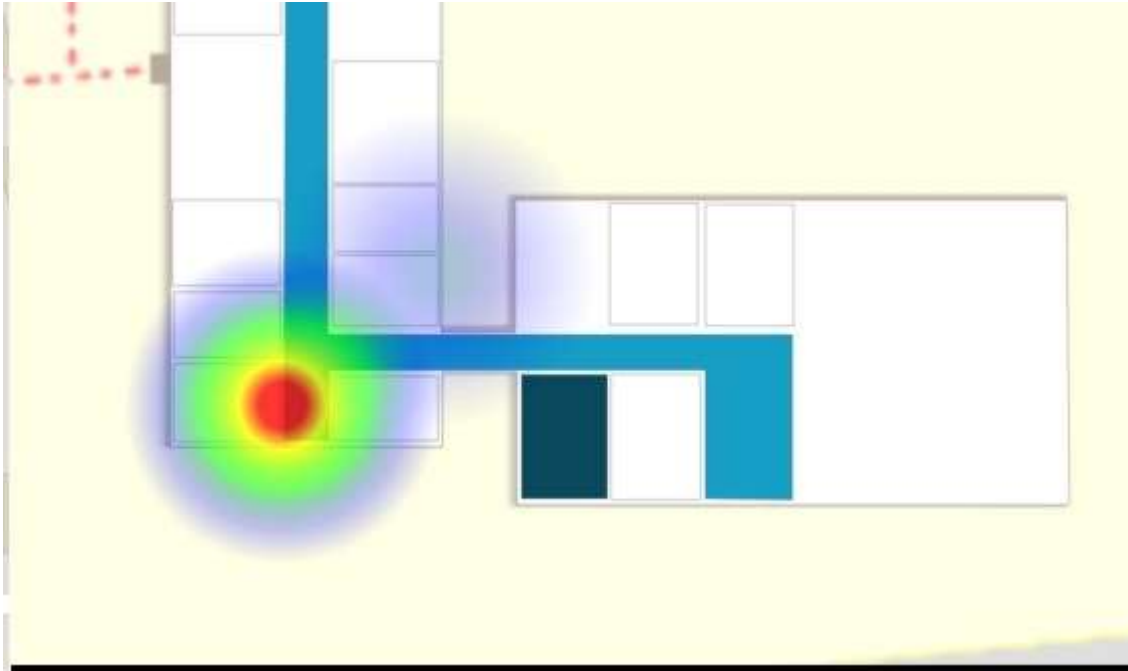


Figura 3.4 Heatmap

viável.



(A)



(B)



(C)



(D)



(E)

Figura 3.5 Metáfora Iconográfica

3.3 MECANISMOS DE INTERAÇÃO

A I^2V possui quatro mecanismos de interação em suas visualizações. Dentre eles temos a possibilidade de utilizar o *zoom* óptico para visualizar de uma melhor forma as visualizações. Esse *zoom* óptico é disponibilizado para os usuários da seguinte forma:

- O clique simples sobre qualquer parte da visualização da planta baixa ou a utilização do *scroll* do mouse realiza um *zoom in* aproximando a visualização;
- Já com o clique duplo do mouse é realizado um *zoom out* e a visualização volta para o estado original.

Dessa forma, os usuários podem facilmente visualizar de uma melhor forma os detalhes na visualização.

Outro mecanismo de interação que a I^2V disponibiliza é a possibilidade de visualizar informações das áreas retratadas pela planta baixa. Para isso, o usuário deve clicar na área desejada da planta baixa com o botão direito do mouse. Com esse clique, um rótulo (*label*) aparece contendo informações que estejam no JSON sobre aquela área (Figura 3.6).

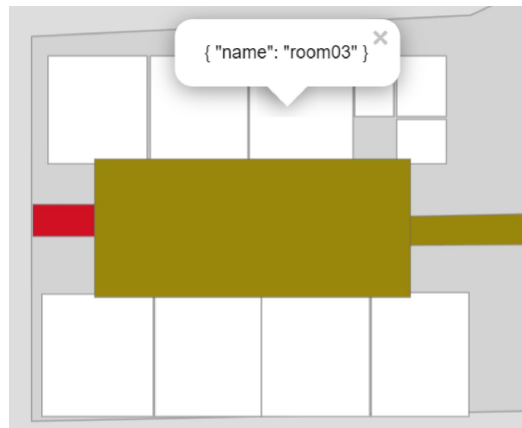


Figura 3.6 Label ativo

Um mecanismo de filtragem que a I^2V possui é uma barra de seleção de andares do edifício que foi mapeado. Ao selecionar um andar, o usuário verá somente as áreas que pertencem àquele andar. Aliado a este tipo de filtragem, a I^2V apresenta outro tipo de filtragem que é a filtragem por tipo de área. Na construção do JSON, cada área desejada deve possuir um tipo que é definido na propriedade “*buildingpart*”. Então, a partir dessas definições de tipo da área, a I^2V constrói um mecanismo em que o usuário pode selecionar quais tipos de área ele deseja visualizar ao mesmo tempo. Nesse mecanismo basta clicar nos *checkbox* corresponde ao tipo de área que deseja visualizar.

3.4 FONTE DE DADOS DO I^2V

Para a I^2V funcionar de uma forma flexível era necessário que o formato de dados que ela trabalhasse fosse o mais genérico e que pudesse ser utilizado em diversos tipos de aplicações Web. A partir dessas necessidades, o formato escolhido foi o JSON, por ser um formato bastante usado e que possui altíssima compatibilidade com as aplicações Web que são desenvolvidas atualmente.

No entanto, a I^2V utiliza recursos de terceiros como o Leaflet Indoor e o HeatmapJs que já trabalham com um formato específico de JSON. Então foi necessário realizar um mapeamento das propriedades necessárias de ambos e unir em um único formato essas diferentes estruturas. Foi utilizado como parâmetro o modelo de dados já utilizado pelo Leaflet Indoor por se tratar de uma ferramenta que já possui uma certa popularidade no mercado. Abaixo é apresentada primeiramente um meta-modelo estrutura do JSON da I^2V e depois ele preenchido.

Meta-modelo:

```
{
  "type": Deve colocar "FeatureCollection" para indicar um conjunto de polígonos ao leaflet ,
  "features": [ Coloca um conjunto de features
    {
      "type": Deve colocar "Feature" para indicar que o objeto é uma parte do conjunto ,
      "id": Identificador único para o polígono,
      "properties": { Propriedades do polígono
        "type": Tipop abstrato do polígono,
        "id": identificador único necessário para o leaflet indoor,
        "tags": {
          "buildingpart": Nome para a parte do prédio também deve ser único,
          "name": Nome para o polígono,
          "color": Caso queira determinar uma cor inicial em hexadecimal
        },
        "relations": [
          {
            "role": obrigatório "buildpart",
            "reltags": {
              "level": andar a qual pertence,
              "type": deve ser colocado "level"
            }
          }
        ]
      },
      "geometry": {
        "type": Deve ser colocado Polygon
        "coordinates": [] Conjunto de arrays de coordenadas dos vértice
      }
    }
  ],
}
```

Modelo:

```
{
  "type": "FeatureCollection",
  "features": [
    {
      "type": "Feature",
      "id": "mainWall/1",
      "properties": {
        "type": "way",
        "id": "25",
        "tags": {
```



```

    "buildingpart": "wall25",
    "name": "wall25",
    "color": "#D3D3D3"
  },
  "relations": [
    {
      "role": "buildingpart",
      "reltags": {
        "level": "1",
        "type": "level"
      }
    }
  ]
},
"geometry": {
  "type": "Polygon",
  "coordinates": [
    [
      [-38.38788291905075,
        -12.92301612183148],
      [-38.38763879612088,
        -12.923240949165933],
      [-38.38806271087378,
        -12.923614789518108],
      [-38.38858821429312,
        -12.92362512403912]
    ]
  ]
},
]
}

```

Este formato demonstrado acima consiste em três partes principais. A parte inicial consiste em i) "type":"FeatureCollection"que é necessária para o Leaflet Indoor, e ii) na propriedade "features"que contém a lista de áreas que serão construídas pela ferramenta. Na segunda parte tem-se informações e propriedades que serão mostradas nas áreas. Nesta parte, os ids se complementam: um serve de identificação para o Leaflet Indoor e um para a I^2V . A propriedade "buildingPart"é um identificador que serve de filtro na I^2V , o "name"é mostrado no *Label*, a "color"define a cor daquela área. Na propriedade "relations"tem-se informações que serão usadas pelo Leaflet Indoor e para identificar o andar a qual aquela área pertence respectivamente. Por fim, na propriedade "geometry"são definidas as coordenadas daquela área, cada coordenada representa um vértice do polígono.

3.5 FERRAMENTA AUXILIAR DE GERAÇÃO DO JSON

A fonte de dados que a I^2V utiliza é baseada em coordenadas geográficas. Isso porque precisamos saber a localização exata de cada área para gerar a planta baixa com precisão. Entretanto, executar essa tarefa manualmente não é uma tarefa fácil.

Com o intuito de proporcionar suporte para esta tarefa, desenvolvemos (e integramos a I^2V) uma ferramenta auxiliar. Esta ferramenta consiste em uma página da web que, assim como a I^2V , utiliza plug-ins do Leaflet. Com essa ferramenta os usuários podem desenhar polígonos no mapa e coletar as coordenadas geográficas de seus vértices. Possibilitando exportar um arquivo JSON para utilizá-lo na I^2V .

Na Figura 3.8 é possível ver uma barra de ferramentas na esquerda. Nela é possível

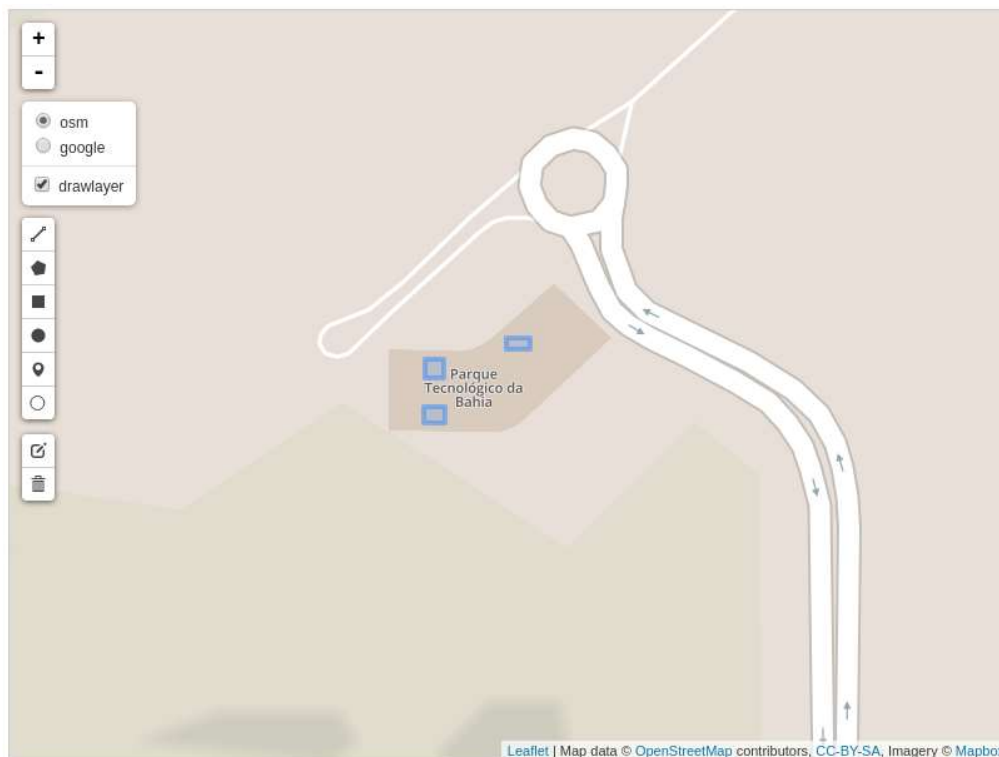


Figura 3.7 Desenho Polígonos

ver algumas opções, a primeira é a possibilidade de desenhar retas, que automaticamente também calcula a distância entre os dois pontos. Depois temos a o botão que permite desenhar polígonos de n lados. O próximo botão é responsável pela criação de quadrados seguido pelo botão que permite a criação de círculos, entretanto os círculos não são suportados ainda pela I^2V . O próximo botão é responsável por criar pontos no mapa. No mapa é possível observar quadriláteros que foram desenhados. Ao terminar de desenhar os polígonos é possível exportar o desenho no formato JSON clicando no botão *export* que a I^2V tem a capacidade de ler (Figura 3.8).

Com ajuda dessa ferramenta foi possível ter uma maior precisão nos desenhos das áreas pertencentes ao Tecnocentro do Parque Tecnológico da Bahia – um exemplo de uso real que conduzimos para testar a I^2V . Entretanto, apesar desta ferramenta auxiliar ajudar no desenho das áreas e na coleta de suas coordenadas, ainda assim foram encontradas dificuldades na construção do JSON, pois a leitura das plantas baixas providas pelo CAD não é uma tarefa trivial de ser realizada.

Este capítulo abordou todos os conceitos presentes na I^2V , além de descrever como a I^2V bem como suas características. No próximo capítulo é abordado como a I^2V pode ser utilizada como biblioteca JavaScript sendo mostrado o método de importação da biblioteca, um exemplo de uso genérico, um exemplo real de utilização e as lições aprendidas durante a construção do exemplo real.

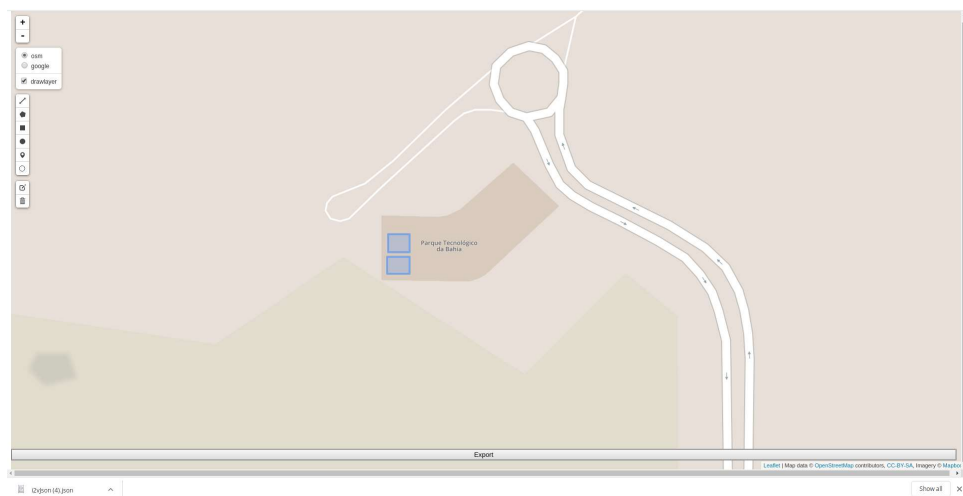


Figura 3.8 Exportando Polígonos

Neste capítulo apresentamos como ocorre o uso da I^2V tanto em uma instânciação de um exemplo real quanto ao uso técnico da ferramenta.

O USO DA I^2V COMO BIBLIOTECA JAVASCRIPT

A intenção neste capítulo é compreender como a I^2V atende ao seu primeiro objetivo: **fornecer maneiras flexíveis de visualizar dados de diferentes aplicações de ambientes internos e externos.**

4.1 USO DA I^2V

A I^2V possui um uso simples e intuitivo. Apenas com algumas etapas, o desenvolvedor web pode começar a usar os recursos da I^2V e a integração entres visualizações. Buscando atender isso, a I^2V foi desenvolvida para ser uma biblioteca JavaScript. As bibliotecas JavaScript são, essencialmente, recursos que ajudam desenvolvedores e projetistas a adicionar elementos interativos e dinâmicos ao seu código (CHAFFER; SWEDBERG, 2007). Portanto, o uso da I^2V segue as etapas comuns para usar a maior parte das bibliotecas JavaScript em um cenário web. Os passos são:

1. Primeiramente, o usuário precisa fazer o download do arquivo .js do repositório da I^2V ou pode ser referenciado usando um serviço CDN - Content Delivery Network - como <https://cdnjs.com>;
2. Após isso, o usuário deve colocar a referência da I^2V em seu arquivo principal HTML, como na Figura 4.1;

```
<script src="i2v.min.js"></script>
```

Figura 4.1 Importando Script

3. Por fim, o usuário pode utilizar os recursos disponibilizados pela I^2V chamando as funções da I^2V . Por exemplo, a função `generatePlant(geoJson)` cria toda a estrutura de visualização da planta baixa em cima da metáfora visual de mapa quando o JSON da estrutura desejada é passado para o método.

4.2 EXEMPLO GENÉRICO DE USO

Esta seção apresenta como a I^2V é usada para produzir visualizações internas e externas georreferenciadas. Também mostra o quão flexível é a criação de visualizações usando a I^2V . Veja abaixo como a I^2V pode atingir alguns de seus objetivos na prática.

- O primeiro ponto alcançado neste trabalho é a possibilidade de plotar as plantas baixas de forma georreferenciada. Para montar essas plantas, o usuário deve passar as coordenadas das paredes da planta. Abaixo é possível ver o padrão JSON para construir essa visualização.

```
"geometry": {
  "type": "Polygon",
  "coordinates": [
    [
      [
        -38.500744700431824,
        -12.96306368419397
      ],
      [
        -38.5007581114769,
        -12.962966971629182
      ],
      [
        -38.500055372714996,
        -12.962825823494214
      ],
      [
        -38.50002855062485,
        -12.962919922259752
      ],
      [
        -38.500744700431824,
        -12.96306368419397
      ]
    ]
  ]
}
```

O exemplo do JSON mostrado acima é apenas uma parte do que os usuários devem passar para a I^2V para construir a planta baixa de um prédio. É possível ver na visualização na Figura 3.3. Cada posição do array da propriedade "coordinates" representa uma aresta de um polígono. Assim, para criar uma representação, o conjunto de posições deve formular todas as arestas das salas.

Também é possível criar salas diferentes no mesmo local e controlar os andares do prédio.

O segundo ponto possível neste trabalho é a possibilidade de traçar sobre a planta georreferenciada uma metáfora visual chamada mapa de calor -*heatmap*. Além disso, para

plotar o mapa de calor é necessário passar para a I^2V outra estrutura JSON. A estrutura desse JSON pode ser vista abaixo:

```
{
  "max": 20,
  "data": [
    {lat: 49.4185319, lng: 8.6767676, count: 3},
    {lat: 49.4185793, lng :8.6768512, count: 1}
  ]
}
```

Na estrutura JSON acima, a propriedade "max" representa a quantidade máxima de um determinado dado. Pode ser o atributo real do número de pessoas dentro de uma sala, por exemplo. Já a propriedade "data" representa a posição e a quantidade específica da posição. Como resultado desse JSON, o usuário pode ver o mapa de calor sobre a planta como na Figura 3.4 (B).

Outra maneira de visualizar dados na I^2V é usando a mesma estrutura JSON do mapa de calor. No entanto, o usuário precisará adicionar algumas informações mais específicas para produzir outra visualização. Alterando a propriedade "type" dentro do JSON para a string "people". Essa visualização pode ser usada para localizar pessoas dentro ou fora da planta. Portanto, a estrutura JSON para plotar essa visualização no mapa pode ser vista abaixo:

```
{
  "type": "people",
  "max": 20,
  "data": [
    {
      "lat": 49.4185319,
      "lng": 8.6767676,
      "count": 3,
      "people": [
        {
          "type": "woman",
          "lat": 49.4185319,
          "lng": 8.6767676
        },
        {
          "type": "man",
          "lat": 49.41855124503131,
          "lng": 8.676752708852291
        },
        {
          "type": "wheelchair",
          "lat": 49.41856345900075,
          "lng": 8.676762096583843
        }
      ]
    },
    {
      "lat": 49.4185793,
      "lng": 8.6768512,
      "count": 2
    }
  ]
}
```

Nesta estrutura do JSON, o usuário pode passar para a I^2V uma propriedade chamada "people". Essa propriedade possibilita plotar os ícones "woman", "man" ou "people with disabilities" que representam a localização das pessoas dentro da planta baixa. A

visualização pode ser vista na Figura 3.5 (A). Caso a propriedade "type" seja definida como "people", a visualização pegará as coordenadas passadas e plotará um ícone de três pessoas juntas para mostrar que nesta posição pode ter mais de uma pessoa.

4.3 EXEMPLO REAL

Com o intuito de gerar um exemplo realístico para ter a real noção do quanto a I^2V pode ser útil, foi realizada uma instanciação utilizando a I^2V e tomando como base a planta baixa do prédio do Tecnocentro no Parque Tecnológico da Bahia. Inicialmente, foi realizado um mapeamento da planta baixa do Tecnocentro, esses dados foram fornecidos pelo Parque Tecnológico e estão em formato CAD - *Computer-aided design*. Porém, plantas CAD não possuem georreferenciamento. Então, foi realizada a transformação da planta baixa do CAD para o formato esperado do JSON da I^2V de maneira aproximada. Para isso foi necessário um trabalho manual de estimativa de onde exatamente cada sala do Tecnocentro estava localizada no mapa. Com isso foi possível realizar o mapeamento da planta baixa (ver Figura 4.2 (A)).

Na imagem da planta do Tecnocentro é possível observar a representação das áreas que foram geradas utilizando a I^2V . Nela temos: i) as salas/dependências representadas pelos polígonos na cor branca; ii) as entradas para as escadas representadas na cor vermelha; iii) áreas de trânsito de pessoas na cor mostarda; iv) ligando as duas áreas de trânsito de pessoas temos mais uma área branca que representa a passagem entre 2 blocos de salas do andar, e, por fim, v) as áreas azuis que representam espaços vazios. É importante destacar que essas cores são definidas na construção do JSON. O usuário pode escolher a sua cor de interesse para colorir um polígono com a I^2V .

Com a planta gerada pela I^2V no mapa, é possível visualizar a planta por partes utilizando filtros disponibilizados como pode ser visto na Figura 4.2 (B). Ao selecionar qualquer um desses filtros, o usuário poderá visualizar as áreas correspondentes independentemente de qual andar ou local aquela área pertence. Outro tipo de filtro que está disponível, é o filtro por andar do edifício. Neste filtro, quando o usuário seleciona o andar, todas as áreas e somente essas áreas serão mostradas no mapa, como é possível ver na Figura 4.2 (C).

Outra funcionalidade da I^2V é a possibilidade de as áreas desenhadas no mapa serem coloridas baseadas por parâmetros presentes no JSON. Esses parâmetros são definidos como "color" e "value" dentro do JSON, quando áreas que fazem parte do mesmo "buildingpart" -- outra propriedade presente no JSON -- possuem "value" e "color" definidos. A I^2V compara os valores das áreas e colore cada área de acordo com o seu "value". Ou seja, se o "value" for menor, mais claro é a cor da área, e quanto maior for o "value" mais escura é a cor da área.

4.3.1 Lições Aprendidas

As principais lições aprendidas ao tentar utilizar a I^2V em um cenário real foi principalmente referente a conversão da planta baixa real na planta baixa gerada pela I^2V . Isso porque, na maioria dos casos as plantas baixas estão mapeadas sem georreferenciamento

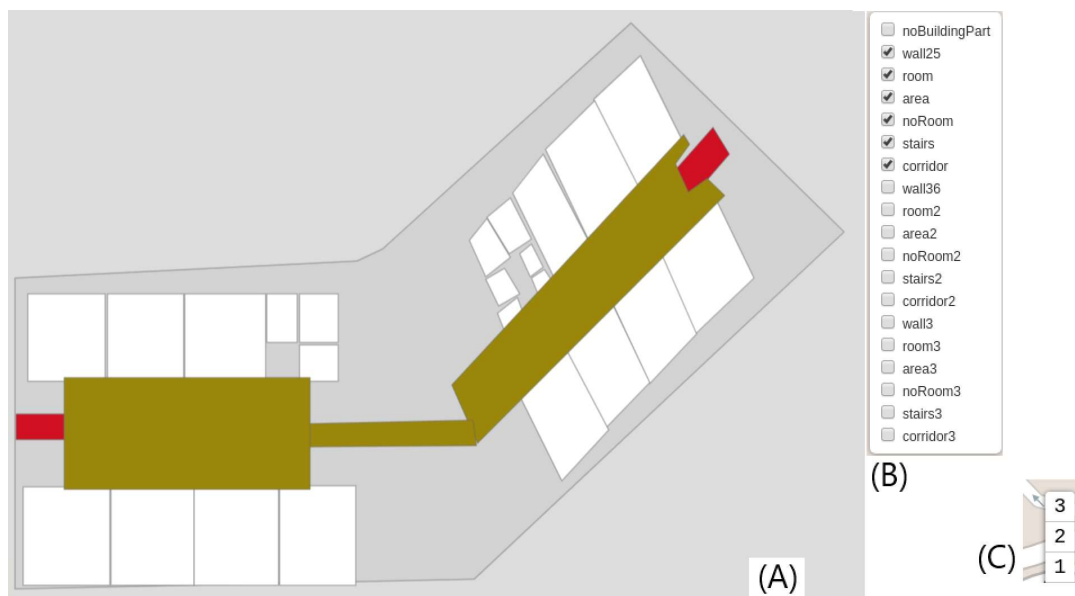


Figura 4.2 Tecnocentro instância

e para saber exatamente em qual coordenada cada parede está é um trabalho bastante difícil. Outro quesito de dificuldade foi para realizar os desenhos das salas, pois mesmo com a ajuda da ferramenta de desenho descrita em 3.5 ainda foi difícil manter os polígonos que representam as salas proporcionais e alinhados. De qualquer forma, este estudo permitiu perceber as potencialidades de flexibilidade da I^2V .

Neste capítulo vimos como a I^2V pode ser utilizada e mostramos também como ela poderia ser usada em um cenário real. No próximo capítulo é descrito como a avaliação experimental foi conduzida. Primeiro é descrito um cenário de uso da ferramenta definindo um local, um período, os atores e toda a situação hipotética. Após isso é detalhado como o estudo foi conduzido, as hipóteses e os participantes. Por fim, é descrito os resultados obtidos durante a avaliação experimental.

Neste capítulo apresentamos como conduzimos a avaliação experimental descrevendo o cenário da avaliação e discutindo as considerações dos participantes e os resultados do estudo.

AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL

Nós conduzimos uma avaliação experimental para compreender como a I^2V atende ao seu segundo objetivo: **fornecer uma maneira de integração entre visualizações de sistemas com foco em espaços abertos e visualizações de sistemas com foco em espaços fechados**, mais especificamente em um domínio de aplicação: gestão de emergência. Durante esse estudo não avaliamos a parte técnica da I^2V , isso foi decidido por inicialmente querermos avaliar se a I^2V atenderia as expectativas e necessidades do público alvo bem como avaliar se a I^2V estava de acordo com os parâmetros de mercado.

Primeiramente, definimos um cenário de uso, no qual foi definida uma história fictícia de uma situação de emergência. A Seção 5.1.4 apresenta esse cenário de uso. Em seguida, conduzimos um estudo experimental com profissionais envolvidos com gestão de emergência. A Seção 5.2 apresenta o estudo em detalhes.

5.1 CENÁRIO DE USO

Neste seção é apresentada uma situação hipotética na qual a I^2V poderia ser utilizada na vida real. Nesse cenário utilizamos como exemplo: um local real; as pessoas que podem estar naquele local; um incidente que existe possibilidade que aconteça, e as facilidades e dificuldades nas interações entre os atores deste cenário.

5.1.1 Ambiente

Os locais em que a utilização da I^2V pode ser de grande ajuda são locais que possuem um grande fluxo de pessoas que transitam principalmente em um ambiente fechado, como universidades, *shopping centers*, fábricas, etc., e que também possuem trânsito de pessoas do ambiente *outdoor* para o ambiente *indoor*. Para esse exemplo foi escolhido um *shopping center* bastante frequentado na cidade do Salvador-BA. O cenário ocorre no Shopping da Bahia, durante o período de natal. Esse período traz ao *shopping* bastante mudanças pois o *shopping* faz diversos ajustes de decoração no seu espaço interno e externo e o

fluxo de pessoas aumenta consideravelmente. Normalmente dentro do espaço interno de um *shopping*, as conexões disponíveis são a Wifi e a 4G, porém possivelmente existe alguns computadores administrativos que podem possuir uma rede mais estável como a rede cabeada ADSL para funcionários. A I^2V , por se tratar de uma *library* Javascript, funcionará em uma aplicação web, ou seja a internet é um pré-requisito para seu uso.



Figura 5.1 Ambiente

5.1.2 Atores e funções

Dentro deste cenário descrito acima temos tipos de pessoas que possivelmente estariam interagindo entre si durante a situação normal de um *shopping center* em horário comercial durante o período do natal. Como por exemplo:

- **Civis:** Clientes, Funcionários de lojas. Essas são as possíveis pessoas que estariam interagindo no local escolhido. Os clientes e funcionários comuns do *shopping* estariam em situação semelhante durante esse cenário descrito, pois ambos são civis sem treinamento adequado para contenção de crises em ambientes dessa magnitude;
- **Gestor:** O gestor de emergências monitora e coordena todas as operações dentro do perímetro pertencente ao estabelecimento. Ele é responsável por identificar anormalidades nos setores do *shopping* e assim tomar a decisão mais adequada para cada situação;
- **Brigadistas e Seguranças:** Essas pessoas possuem acesso simultâneo ao mapa da I^2V através de um web browser utilizando um dispositivo móvel – celular ou

tablet por exemplo – com esse acesso as informações transmitidas pelo gestor da emergência podem ser facilmente visualizadas pelos profissionais treinados para acompanhar os acontecimentos do local.

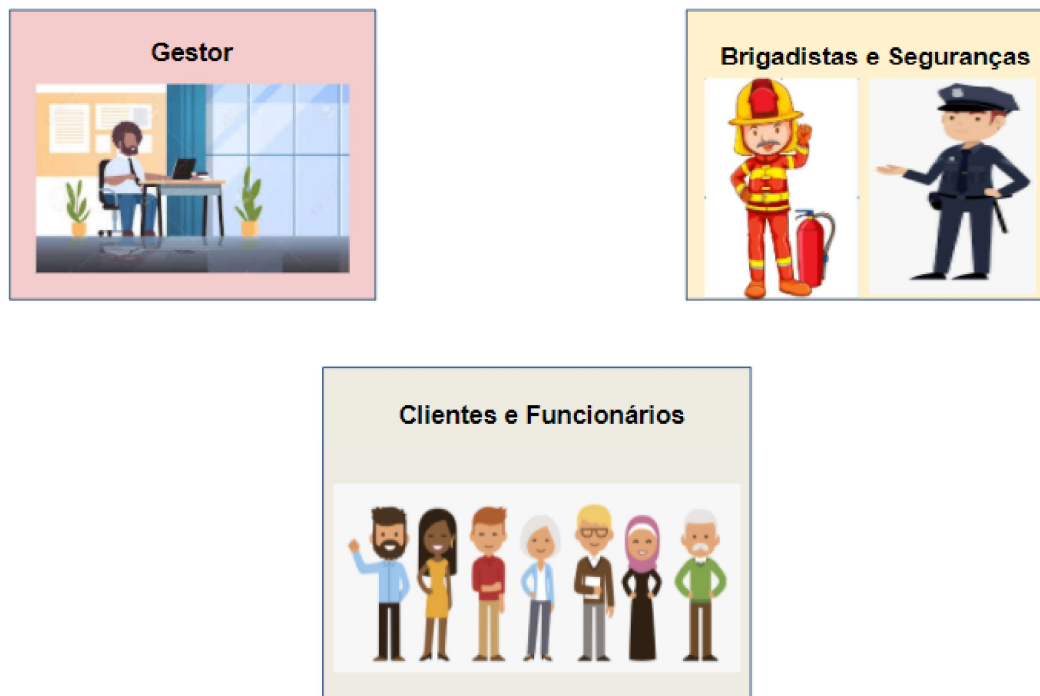


Figura 5.2 Atores

5.1.3 Monitoramento

Por se tratar de uma época de alto fluxo de pessoas, a coleta de informações se torna ainda mais importante. Deslocar pessoal e agir de maneira rápida em situações extremas são muito importantes. O gestor observa a movimentação das pessoas e percebe que o setor das lojas A, B e C estão com 1/3 de todas as pessoas presentes. Decide então mover 1/3 dos seguranças para essa mesma área.

Devido ao grande fluxo de pessoas em um pequeno espaço, acidentalmente uma das árvores de natal espalhadas pelo shopping é derrubada e um curto circuito provoca um início de incêndio.

O gestor confirma qual o setor em que o incidente ocorreu através das visualizações da I^2V , e sinaliza para os brigadistas e seguranças observarem o local das lojas A, B e C na planta baixa da I^2V para que os brigadistas possam ir até o local o mais rápido possível e pela a rota mais rápida. Isso é possível porque atualmente na I^2V todos tem acesso a mesma instância da planta baixa ao mesmo tempo, possibilitando assim que todos

tenham a mesma visão. Porém, a medida que o incêndio foi evoluindo os brigadistas entenderam que não possuem os equipamentos necessários para lidar com a proporção do incêndio que está se formando. Assim, ficam na contenção do fogo e o gestor entra em contato com o corpo de bombeiros.

Seguranças vão para o entorno do shopping para orientar os bombeiros que estão chegando. Utilizando as coordenadas geográficas do mapa outdoor da I^2V informam onde exatamente está ocorrendo o incêndio. Os bombeiros decidem demolir parte de uma parede pelo lado de fora para dar um acesso mais rápido ao local e promover uma saída mais rápida para as pessoas.

O gestor sinaliza para os brigadistas e seguranças para checarem o mapa na I^2V onde a nova saída foi criada através da ferramenta de desenho da I^2V . Desta forma, os seguranças e brigadistas que estão próximos as pessoas podem sinalizar para as pessoas saírem por essa nova saída ou, a depender da localização, outra saída mais próxima. Para tratar dos possíveis feridos será necessário a presença de uma ambulância da SAMU, então é sinalizado a coordenada geográfica da localização da saída gerada pelo corpo de bombeiros coletada através do mapa outdoor da I^2V . Os socorristas então se deslocam utilizando um GPS para a Alameda dos Umbuzeiros evitando a perda de tempo de se deslocar para a entrada principal do shopping localizada na Av. Tancredo Neves, isso economiza bastante tempo no salvamento e tratamento de vítimas.



Figura 5.3 Monitoramento

5.1.4 Incidente Finalizado

Após a situação sob controle, foi possível perceber que as visualizações interativas da I^2V são de extrema importância. Isso porque os mecanismos visuais – perceber facilmente qual o local com maior movimentação ou detectar a localização geográfica de determinada

parede – e interações – visualização por tipo de setores e controle de andares – que a ferramenta proporciona podem tornar o controle e gestão de uma crise mais fácil. Dessa forma, economiza-se tempo e possivelmente salva-se mais vidas.

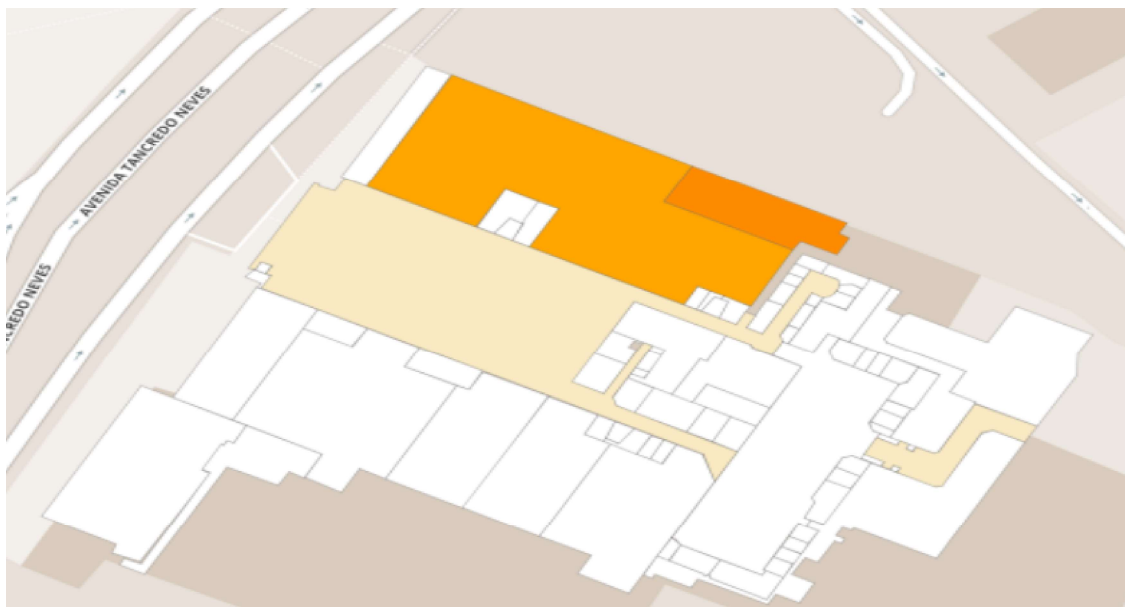


Figura 5.4 Incidente Finalizado

5.2 ESTUDO EXPERIMENTAL

Conduzimos um experimento para avaliar a eficácia da I^2V . O objetivo era investigar como a I^2V afeta a compreensão de dados de ambientes internos e externos combinados em um cenário específico: gerenciamento de emergência, bem como, a maneira que ela ajuda nas tomadas de decisões neste cenário. A ideia é investigar se o uso da visualização combinada in-outdoor é realmente uma estratégia promissora a ser adotada em um cenário de gerenciamento de emergências.

As próximas subseções fornecem mais detalhes deste estudo.

5.2.1 Hipóteses

Este estudo tem como objetivo investigar se a I^2V pode ajudar os gestores de situações de emergência a compreender e analisar dados em espaços internos/externos. Além disso, queremos avaliar se a maneira como a I^2V integra ambientes internos e externos é realmente adequada para situações reais, como gerenciamento de emergências. Nesse sentido, nossas hipóteses (HP) são descritas na Tabela 5.1.

Hipótese (HP)	Descrição
HP1	As visualizações produzidas pela I^2V torna o cenário de emergência mais compreensível.
HP2	A integração de ambientes que a I^2V promove ajuda nas tomadas de decisão em uma situação de emergência.

Tabela 5.1 Hipóteses

5.2.2 Cenário do experimento

O cenário utilizado durante o experimento foi um *shopping center* que estava em situação de emergência, conforme descrito na Seção 5.1. Nesse cenário, o *shopping* está sendo monitorado pela equipe de gerenciamento de crises e emergências utilizando a I^2V como uma das ferramentas de coleta e visualização das informações. Assim, no cenário descrito no experimento ocorre um acidente e uma determinada loja pega fogo. Toda a equipe é mobilizada e utiliza a I^2V para visualizar as informações apresentadas pelo gestor. Nesse caso, o gestor mostra à equipe o local exato em que está ocorrendo o incidente e, também para auxiliar a brigada de incêndio, o gestor desenha na planta baixa onde estão os extintores mais próximos utilizando a ferramenta de desenho. Com o agravamento da situação o gestor mostra as passagens para que os bombeiros acessem de forma mais rápida a área do incidente.

5.2.3 Participantes

Realizamos o experimento com quatro participantes que atuam na gestão e controle de situações de emergência em Salvador-BA, Brasil. A maior parte desses participantes têm experiência como gerente de gestão de crise. Outros participantes têm experiência em softwares de gerenciamento de emergência. A seleção garantiu que os participantes tivessem conhecimento no setor que a I^2V tem como alvo. Os participantes tinham níveis de especialização semelhantes, mas diferentes níveis de experiência (ou seja, tempo na indústria). Durante a seleção, procuramos assegurar que os participantes: (i) já haviam enfrentado problemas relacionados ao monitoramento de locais com ambientes internos e externos, e (ii) tinham conhecimento dos conceitos abordados neste estudo, como gestão de crises, e em situações onde os espaços estão sendo monitorados. É importante destacar que tais participantes não estavam familiarizados com a I^2V . Este foi um requisito neste experimento, pois o objetivo é observar como os profissionais compreendem as estratégias de visualização e medir o impacto que essas visualizações podem ter em um cenário real. Abaixo na Tabela 5.2 é possível encontrar o tempo de experiência dos participantes em gerenciamento de emergências.

Participante	Experiência	Profissão
1	25 anos	Delegado
2	17 anos	CIO
3	12 anos	Gestor de segurança privada
4	12 anos	Gestor de segurança privada

Tabela 5.2 Tempo de experiência dos participantes com gestão de emergência

5.2.4 Procedimentos do Experimento

O experimento foi realizado entre 15 de julho e 26 de agosto de 2020. Criamos um cenário de emergência fictício (apresentado na Seção 5.1) para coletar as opiniões dos participantes sobre o uso da I^2V . Os participantes não tiveram restrição de tempo para participar deste estudo. Eles podiam ver um vídeo¹ da I^2V no cenário de uso definido – produzido especificamente para este estudo – quantas vezes quisessem. Os principais procedimentos experimentais foram:

1. Os participantes preencheram um formulário de caracterização com o intuito de coletar sua formação sobre o gerenciamento de emergências;
2. Pedimos aos participantes que assistissem a um vídeo sobre a I^2V . Esse vídeo possui 6 minutos e explica como a I^2V funciona. No vídeo são descritos os principais objetivos da I^2V , bem como mostra um cenário real de uso e como as pessoas podem interagir com a aplicação;
3. Interagimos com o participante durante uma videoconferência para esclarecer quaisquer dúvidas sobre a I^2V ;
4. Pedimos aos participantes que respondessem a um questionário (Seção 5.2.5) sobre a eficácia da I^2V para tomada de decisões em um cenário de emergência. Dessa forma, foi possível coletar opiniões e informações sobre a I^2V ;
5. Analisamos os resultados. Medimos quantitativamente as respostas dos participantes e analisamos qualitativamente as respostas abertas fornecidas.

Ter várias pessoas disponíveis participando do experimento (pessoalmente ou por vídeo chamada) foi um pouco complicado. Então, decidimos pelo vídeo e pelo formulário. Acreditamos que dessa forma poderíamos atingir um público mais amplo. Além disso, o vídeo permitiu explicar e demonstrar – de forma padronizada – o que a I^2V é capaz. Da mesma forma, o formulário forneceu uma maneira de medir a relevância e coletar os pontos fortes e fracos da I^2V .

¹Link para o vídeo utilizado: <https://youtu.be/kVdxz49jq-4>

5.2.5 Questionário

Abaixo estão listadas as questões presentes no questionário que enviamos aos participantes:

1. Foi possível compreender o propósito e como pode ser utilizada a I^2V .
 - (a) 1 Discordo Completamente
 - (b) 2
 - (c) 3
 - (d) 4
 - (e) 5 Concordo Completamente
2. A I^2V facilita a compreensão do que está ocorrendo DENTRO de um espaço fechado.
 - (a) 1 Discordo Completamente
 - (b) 2
 - (c) 3
 - (d) 4
 - (e) 5 Concordo Completamente
3. A I^2V facilita a compreensão do que está ocorrendo FORA de um espaço fechado.
 - (a) 1 Discordo Completamente
 - (b) 2
 - (c) 3
 - (d) 4
 - (e) 5 Concordo Completamente
4. A I^2V facilita a compreensão do que está ocorrendo, ao mesmo tempo, DENTRO e FORA de um espaço fechado.
 - (a) 1 Discordo Completamente
 - (b) 2
 - (c) 3
 - (d) 4
 - (e) 5 Concordo Completamente
5. A integração de plantas baixas com áreas externas proposta pelo a I^2V traz benefícios aos cenários relatados.

- (a) 1 Discordo Completamente
 - (b) 2
 - (c) 3
 - (d) 4
 - (e) 5 Concordo Completamente
6. A I^2V é relevante na minha área de atuação.
- (a) 1 Discordo Completamente
 - (b) 2
 - (c) 3
 - (d) 4
 - (e) 5 Concordo Completamente
7. A I^2V facilita a comunicação de uma equipe de gestão de emergência.
- (a) 1 Discordo Completamente
 - (b) 2
 - (c) 3
 - (d) 4
 - (e) 5 Concordo Completamente
8. A I^2V pode ajudar de forma eficaz na ação conjunta entre os envolvidos na gestão de emergência.
- (a) 1 Discordo Completamente
 - (b) 2
 - (c) 3
 - (d) 4
 - (e) 5 Concordo Completamente
- Para as perguntas acima sempre colocamos uma área de texto aberta para comentários adicionais.
9. Quais são os pontos POSITIVOS que você destacaria na I^2V ?
10. Quais são os pontos NEGATIVOS que você destacaria na I^2V ?

5.2.6 Estudo Piloto

Um estudo piloto foi conduzido com a intenção de validar o que tínhamos planejado fazer durante nosso estudo e coletar o *feedback* para possivelmente alterar qualquer coisa que faltava em nosso estudo. Durante o estudo piloto, coletamos o *feedback* de duas pessoas e os resultados são descritos a seguir:

- O primeiro participante tem experiência com visualização de dados e aplicativos de mapas. Possui também alguma experiência com monitoramento de emergência, mas nunca teve contato com plantas baixas. Com base nas respostas das perguntas, o vídeo foi muito descritivo e forneceu uma boa compreensão do propósito da I^2V . O participante também concordou que a I^2V pode ajudar na compreensão do interior e exterior do espaço mapeado. Além disso, o participante concordou que de alguma forma a I^2V ajudará na comunicação entre a equipe durante uma situação de crise. O único ponto citado como melhoria foi um possível aplicativo mobile, que poderia atender um público mais amplo em situações de emergência;
- O segundo participante do estudo piloto não tem experiência com visualização de dados nem com gerenciamento de emergência, mas tem alguma experiência com plantas baixas e aplicativos de mapas. Este participante não achou que a I^2V ajudasse muito no monitoramento dos espaços internos e externos ao mesmo tempo, embora compreendesse a finalidade da I^2V e concordasse que o aplicativo é uma boa alternativa para os cenários para os quais foi projetado. Foi destacado também que durante a apresentação da I^2V precisávamos ser mais específicos com quem é o público-alvo e ser mais descritivos na hora de mostrar as rotas de fuga. Junto com isso, o participante também mencionou que um aplicativo móvel específico seria muito útil.

O estudo piloto permitiu ajustar os procedimentos experimentais, antes da execução propriamente dita.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do estudo em geral foram positivos, seguindo os gráficos das respostas podemos dar uma ideia melhor dos resultados.

A análise geral da Questão 1 mostra que todos os participantes conseguiram entender o propósito da I^2V . No entanto, alguns deles levantaram algumas observações excelentes. Por exemplo, um dos participantes mencionou que seria uma boa ideia criar guias para o usuário. Pois, se fosse a primeira vez que ele utilizasse este tipo de aplicativo, ele teria algumas dúvidas sobre como operar o sistema. Mais de uma pessoa mencionou que a I^2V é bom para emergências, mas ainda melhor para planejar e criar estratégias de monitoramento de espaços.

Considerando a Questão 2, o *feedback* foi um pouco mais variado. Mas tomando a média das respostas, podemos dizer que, em 75% das situações, a I^2V pode ajudar a compreender o que está acontecendo dentro de um espaço interno. Em relação às perguntas 3 e 4, recebemos *feedbacks* em sua maioria positivos. Porém, obtivemos um *feedback* que

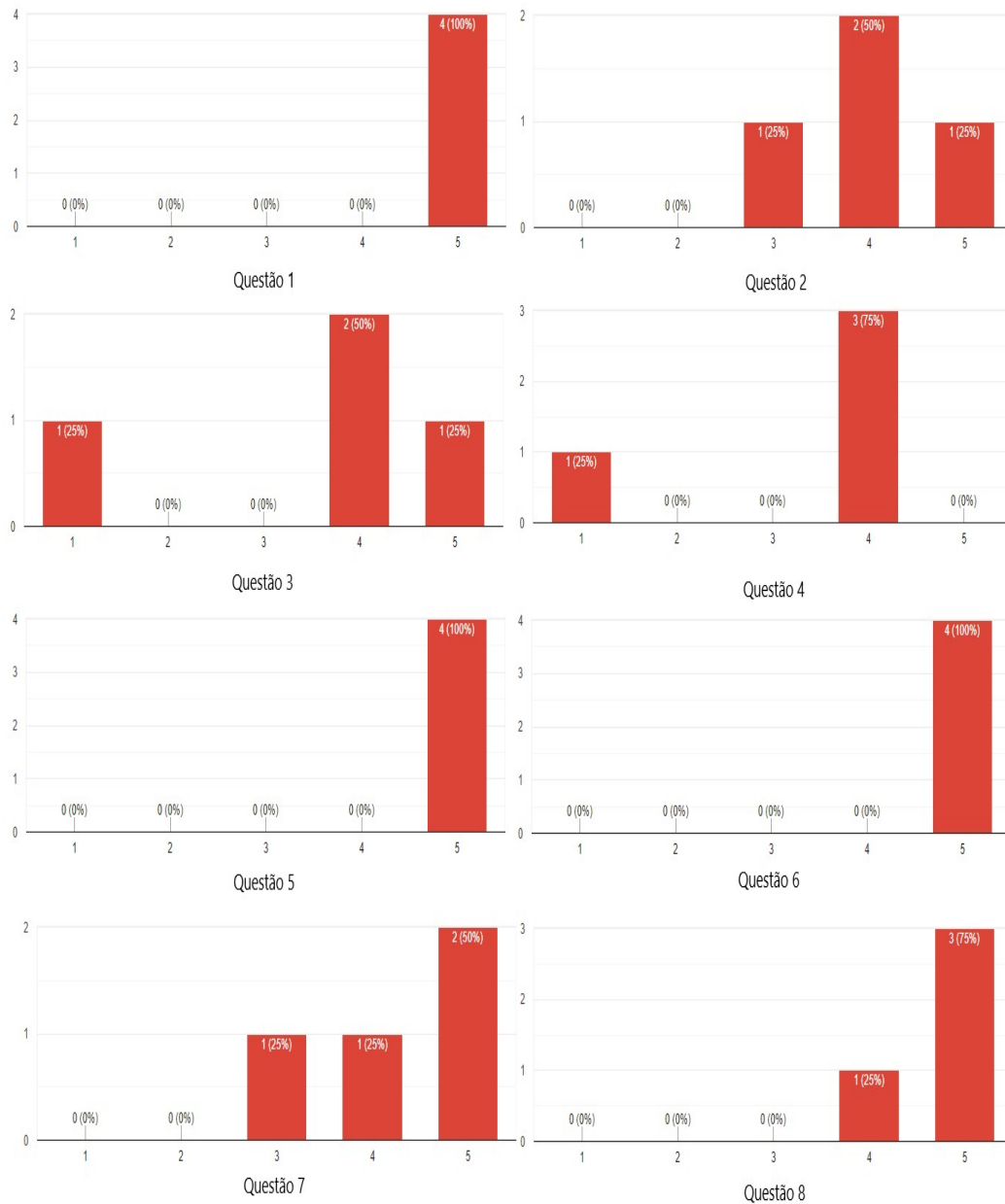


Figura 5.5 Perguntas e respostas

diz que seria necessário visualizar a movimentação das pessoas e das equipes de atendimento para integrar os ambientes interno e externo. Atualmente, isso só é possível com outras ferramentas, que podem poluir o campo visual do operador. Para fornecer uma maneira melhor de visualizar os espaços internos e externos simultaneamente, no futuro, a I^2V deverá fornecer uma maneira de visualizar esses dados sem a necessidade de usar aplicativos de terceiros. No entanto, todos os participantes, na Questão 5, concordaram

que a integração entre os espaços interno e externo, conforme proposto pela I^2V , pode beneficiar os cenários de monitoramento mencionados neste trabalho. Assim, é possível concluir que a linha de pensamento proposta pela I^2V pode auxiliar profissionais em cenários reais.

Todos os participantes concluíram que a I^2V é relevante para sua experiência profissional (Questão 6). Entre os motivos, os participantes disseram que ela pode ajudar no planejamento das operações de segurança, e que as informações extras que a I^2V pode fornecer podem ajudar nas tomadas de decisões em uma emergência. Também foi comentado que o tempo para a tomada de decisão é curto, e com a I^2V , eles podem ter uma maior assertividade nas decisões, principalmente com a utilização de pessoal e material necessários.

Em relação à pergunta 7, também recebemos um *feedback* positivo. Um deles observou que as informações nem sempre fluem como desejado usando diferentes cenários de visualização e comunicação. Assim, usar várias plataformas ao mesmo tempo, em um cenário de emergência, pode ser confuso. A melhor maneira de fornecer uma ferramenta de comunicação útil seria observando e analisando a própria ferramenta. Portanto, se a I^2V pudesse fornecer uma maneira de enviar e receber mensagens, seria um excelente novo recurso.

Por fim, na Questão 8, um dos participantes afirmou que para proporcionar uma melhor comunicação entre a equipe, a I^2V deveria disponibilizar notificações e um chat para um ambiente unificado de gerenciamento de crises. Pelo lado positivo, um dos participantes destacou que essa ferramenta pode oferecer uma forma diferenciada de integração da equipe durante uma operação.

Resumindo, este estudo mostrou que a I^2V é intuitiva e prática. Além disso, a I^2V pode fornecer uma visualização macro e micro dos cenários e recursos, além de ferramentas para obter maior assertividade e distribuir melhor a equipe necessária dentro dos espaços monitorados. Nesse sentido, temos indícios de que a I^2V torna mais compreensível a situação de emergência (HP1), uma vez que sua abordagem de integração de ambientes impulsiona a tomada de decisão no cenário selecionado (HP2). No entanto, a I^2V tem algumas limitações que precisam ser melhoradas nas próximas versões. Por exemplo, ela pode encontrar algumas dificuldades para monitorar espaços internos devido às barreiras físicas que esses ambientes em estruturas complexas de shopping centers possuem. Além disso, a necessidade do usuário de alimentar os dados do edifício, com as coordenadas da sala, é vista como uma limitação da I^2V . As pessoas disseram que seria melhor pesquisar esses dados em provedores de código aberto para que a I^2V fizesse o auto preenchimento.

Neste capítulo relatamos como foi conduzido uma avaliação experimental da I^2V , também descrevemos as impressões e *feedbacks* coletados dos participantes. No próximo capítulo concluímos essa dissertação mostrando os resultados obtidos, contribuições e limitações deste trabalho além de descrever os trabalhos futuros que pretendemos realizar.

Neste capítulo concluímos esse trabalho destacando as contribuições, limitações e trabalhos futuros da I²V

CONCLUSÃO

O monitoramento de espaços internos e externos usando sensores diferentes pode produzir de forma independente uma grande quantidade de dados. Para apoiar de uma maneira melhor essas tarefas, a maioria das soluções dependem de técnicas de visualização de informações. No entanto, as aplicações existentes focam em apenas um ambiente: interno ou externo. Mesmo que a combinação desses dois ambientes possa trazer benefícios para alguns contextos.

Neste trabalho, apresentamos a In-Outdoor Interactive Visualization (*I²V*): uma solução viável para a integração desses ambientes. A *I²V* é uma ferramenta de biblioteca de visualização para ambientes internos e externos, utilizando a visualização de planta georreferenciada. Esta solução é flexível devido ao seu manuseio de dados fornecidos pelo usuário e oferece a possibilidade de ser utilizada em diferentes situações.

Desenvolvemos a *I²V* como uma biblioteca JavaScript. Essa biblioteca possui recursos visuais que fornecem alguma flexibilidade nas visualizações da planta baixa e possível integração de mapas georreferenciados com plantas baixas. Com o objetivo de investigar sua facilidade de uso e flexibilidade, produzimos uma instância de um cenário real que gerou uma planta baixa baseada em CAD. Verificamos que é possível representar uma planta real usando a *I²V* de uma forma bastante fácil e flexível.

Também conduzimos um estudo com quatro especialistas em emergência – que possuem experiência significativa na área – considerando um cenário específico que a *I²V* pode lidar: gerenciamento de emergência. A participação neste estudo aconteceu por meio de videoconferências onde os participantes deveriam assistir a um vídeo com a descrição e demonstração dos recursos da *I²V* e um possível cenário de utilização. Os resultados foram bastante positivos. Recebemos feedback apontando que a *I²V* cumpre a intenção de visualizar os dados internos/externos integrados. O estudo também foi importante para destacar oportunidades de melhorias para a ferramenta.

6.1 CONTRIBUIÇÕES

Como contribuições e resultados atingidos durante este trabalho, podemos citar principalmente quatro pontos mostrados na lista abaixo:

- I^2V - Biblioteca JavaScript para integração de visualizações entre ambientes externos e internos;
- Registro de Software (BR512019002423-0);
- Instanciação e Validação Experimental - Com resultados que destacam o potencial da ferramenta desenvolvida;
- Artigo Científico - Submetido para o periódico *Expert Systems with Applications*.

6.2 LIMITAÇÕES

Apesar dos recursos úteis da I^2V para ajudar na colaboração de aplicações de visualizações internas e externas, ela possui algumas limitações. Uma das limitações é a necessidade do usuário organizar o JSON em uma estrutura específica. Assim, pode levar algum tempo para adaptar os dados de certos tipos de sensores. Outra limitação é obter as coordenadas das salas. A I^2V precisa de coordenadas exatas para plotar a visualização no lugar certo. Portanto, os usuários precisam usar as coordenadas fornecidas pelo Leaflet e OpenStreetMaps para melhor compatibilidade.

6.3 TRABALHOS FUTUROS

Como próximas etapas, pretendemos desenvolver algumas das funcionalidades mencionadas pelos participantes do estudo. Acreditamos que algumas delas seriam um bom ajuste para a I^2V . Primeiramente, pretendemos fornecer uma versão *mobile* para proporcionar uma melhor experiência aos membros da equipe que trabalham em campo. Além disso, queremos desenvolver algum tipo de chat para ajudar na comunicação durante o gerenciamento de crises. Quanto a instância de exemplo mencionada neste trabalho, pretendemos refiná-la um pouco, tentando nos aproximar das salas reais do edifício. Isso é necessário porque, embora tenhamos uma representação muito boa do edifício Tecnocentro, existem algumas ressalvas que precisamos refinar. Por exemplo, a simetria dos polígonos. Também pretendemos construir um conversor de planta baixa para o formato aceito pela I^2V facilitando a utilização pois o usuário não necessitará mais realizar o mapeamento da planta baixa manualmente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACADEMY, K. *What is a JS library.* <<https://www.khanacademy.org/computing/computer-programming/html-css-js/using-js-libraries-in-your-webpage/a/whats-a-js-library>>. Accessed: 2019-05-27.

AHLERS, D. et al. Visualizing a city within a city – mapping mobility within a university campus. In: . [S.l.: s.n.], 2016. v. 166, p. 492–503. ISBN 978-3-319-33680-0.

BAL, M. et al. A 3-d indoor location tracking and visualization system based on wireless sensor networks. In: *SMC. IEEE*, 2010. p. 1584–1590. ISBN 978-1-4244-6588-0. Disponível em: <<http://dblp.uni-trier.de/db/conf/smc/smc2010.html/#BalXSG10>>.

BARGH, M. S.; GROOTE, R. de. Indoor localization based on response rate of bluetooth inquiries. In: *Proceedings of the first ACM international workshop on Mobile entity localization and tracking in GPS-less environments*. New York, NY, USA: ACM, 2008. (MELT '08), p. 49–54. ISBN 978-1-60558-189-7. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/1410012.1410024>>.

BEHZADAN, A. H.; COMMITTEE, D. *ARVISCOPE: Georeferenced Visualization of Dynamic Construction Processes in Three-Dimensional Outdoor Augmented Reality*. [S.l.], 2008.

Braem, B. et al. Designing a smart city playground: Real-time air quality measurements and visualization in the city of things testbed. In: *2016 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2)*. [S.l.: s.n.], 2016. p. 1–2.

BUENO, C. *Sua casa é um ambiente propício para alergias? Faça o teste e descubra.* 2013. <<https://noticias.uol.com.br/saude/ultimas-noticias/redacao/2013/08/16/sabe-blindar-sua-casa-contracaros-faca-o-teste-e-descubra.htm>>. Accessed: 2019-05-09.

CHAFFER, J.; SWEDBERG, K. *jQuery Reference Guide: A Comprehensive Exploration of the Popular JavaScript Library*. [S.l.]: Packt Publishing, 2007. ISBN 1847193811, 9781847193810.

DUSSE, F. et al. Information visualization for emergency management: A systematic mapping study. *Expert Systems with Applications*, v. 45, 10 2015.

Ecma International. *The JSON Data Interchange Format*. 2013. Standard ECMA-404.

ELMQVIST, N.; YI, J. S. Patterns for visualization evaluation. *Information Visualization*, v. 14, n. 3, p. 250–269, 2015. Disponível em: <<http://dblp.uni-trier.de/db/journals/ivs/ivs14.html\#ElmqvistY15>>.

FRIENDLY, M. The history of the cluster heat map. *The American Statistician*, 2009. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.165.4766>>.

GOETZ, M.; ZIPF, A. Open issues in bringing 3d to location based services (lbs) - a review focusing on 3d data streaming and 3d indoor navigation. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, v. 38, 01 2010.

GOOGLE. *Google Indoor Maps*. 2019. <<https://www.google.com/maps/about/partners/indoormaps/>>. Accessed: 2019-09-27.

HAKLAY, M.; WEBER, P. Openstreetmap: User-generated street maps. *Haklay, M. and Weber, P. (2008) OpenStreetMap: user-generated street maps. IEEE Pervasive Computing*, 7 (4). pp. 12-18. ISSN 15361268, v. 7, 10 2008.

HONG, Y.-J. et al. Mobile health monitoring system based on activity recognition using accelerometer. *Simulation Modelling Practice and Theory*, v. 18, n. 4, p. 446–455, 2010. Disponível em: <<http://dblp.uni-trier.de/db/journals/simpra/simpra18.html\#HongKAK10>>.

JAIN, D. Path-guided indoor navigation for the visually impaired using minimal building retrofitting. In: KURNIAWAN, S.; RICHARDS, J. (Ed.). *ASSETS*. ACM, 2014. p. 225–232. ISBN 978-1-4503-2720-6. Disponível em: <<http://dblp.uni-trier.de/db/conf/assets/assets2014.html\#Jain14>>.

KEIM, D. A. Information visualization and visual data mining. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, IEEE Computer Society, Los Alamitos, CA, USA, v. 08, n. 1, p. 1–8, 2002. ISSN 1077-2626.

KIM, S. A. et al. Integrated energy monitoring and visualization system for smart green city development: Designing a spatial information integrated energy monitoring model in the context of massive data management on a web based platform. In: . [S.l.: s.n.], 2012.

LANIR, J. et al. Visualizing museum visitors' behavior: Where do they go and what do they do there? *Personal and Ubiquitous Computing*, 11 2016.

LEAFLET. *Leaflet an open-source JavaScript library for mobile-friendly interactive maps*. 2019. <<https://leafletjs.com>>. Accessed: 2019-05-27.

LEE, B. G.; LEE, Y.-S.; CHUNG, W.-Y. 3d map visualization for real time rssi indoor location tracking system on pda. *Convergence Information Technology, International Conference on*, v. 1, p. 375–381, 11 2008.

- LEE, G. et al. Cityviewer: A mobile outdoor ar application for city visualization. In: . [S.l.: s.n.], 2012. p. 57–64. ISBN 978-1-4673-4663-4.
- LUKASCZYK, J. et al. A collaborative web-based environmental data visualization and analysis framework. In: RINK, K.; MIDDEL, A.; WEBER, G. H. (Ed.). *EnvirVis@EuroVis*. Eurographics Association, 2015. p. 25–29. ISBN 978-3-905674-85-9. Disponível em: <<http://dblp.uni-trier.de/db/conf/vissym/envirvis2015.html/#LukasczykLLRMBW15>>.
- MARRS, T. *JSON at Work: Practical Data Integration for the Web*. O'Reilly Media, 2017. ISBN 9781491982402. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=OqsoDwAAQBAJ>>.
- MAZZA, R. *Introduction to Information Visualization*. London: Springer, 2009.
- MOK, E.; RETSCHER, G. Location determination using wifi fingerprinting versus wifi trilateration. *Journal of Location Based Services*, Taylor Francis, v. 1, n. 2, p. 145–159, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/17489720701781905>>.
- MS, J. T. Localization, visualization and evacuation guidance system in emergency situations. In: . [S.l.: s.n.], 2016.
- NARCISO, L.; MASLINKIEWICZ, A.; FREITAS, D. Levantamento de doenças respiratórias e sua associação com ambientes climatizados na comunidade da universidade do oeste de santa catarina. In: . [S.l.: s.n.], 2014.
- Ni, L. M. et al. Landmarc: indoor location sensing using active rfid. In: *Proceedings of the First IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, 2003. (PerCom 2003)*. [S.l.: s.n.], 2003. p. 407–415.
- NITZSCHE, K. N. et al. Visualizing land-use and management complexity within biogeochemical cycles of an agricultural landscape. *Ecosphere*, v. 7, n. 5, p. e01282, 2016. Disponível em: <<https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ecs2.1282>>.
- NUNAVATH, V. et al. Visualization of information flows and exchanged information: Evidence from an indoor fire game. In: PALEN, L. et al. (Ed.). *ISCRAM*. ISCRAM Association, 2015. ISBN 978-8-271-17788-1. Disponível em: <<http://dblp.uni-trier.de/db/conf/isgram/isgram2015.html/#NunavathRCP15>>.
- NUNES, F. et al. Uma representação visual para gerenciamento de emergências em ambientes fechados. In: . Florianópolis, Santa Catarina, Brazil: Brazilian Computer Society, 2016. p. 518 – 525. ISBN 978-85-7669-317-8.
- OGUZ, O. et al. Emergency crowd simulation for outdoor environments. *Computers Graphics*, v. 34, n. 2, p. 136–144, 2010. Disponível em: <<http://dblp.uni-trier.de/db/journals/cg/cg34.html/#OguzAYG10>>.

OZDENIZCI, B. et al. Development of an indoor navigation system using nfc technology. In: . [S.l.: s.n.], 2011. p. 11 – 14.

PROJETO de um ambiente 3D de visualização e reprodução de eventos capturados e interpretados a partir de ambientes físicos cientes de contexto para aplicações de preparação para emergência. Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da Universidade Federal de São Carlos, 2006. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=myuJDAEACAAJ>>.

RODRIGUEZ, M.; PECE, J. P.; ESCUDERO, C. J. In-building location using bluetooth. In: *in In Proceedings of the International Workshop on Wireless Ad Hoc Networks*. [S.l.: s.n.], 2005.

RUSS, G. et al. Visualization of agriculture data using self-organizing maps. In: BRAMER, M. (Ed.). *Research and Development in Intelligent Systems*. [S.l.]: Springer, 2009. (Proceedings of AI-2008). (accepted for presentation).

Shevchenko, V.; Bychkov, O.; Shevchenko, A. Dynamic objects emergency state monitoring by means of smartphone dynamic data. In: *2017 14th International Conference The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics (CADSM)*. [S.l.: s.n.], 2017. p. 292–294.

WARD GEORGES GRINSTEIN, D. K. M. O. *Interactive Data Visualization: Foundations, Techniques, and Applications, Second Edition*. [S.l.]: A K Peters, 2015.

YAELI, A. et al. Understanding customer behavior using indoor location analysis and visualization. *IBM Journal of Research and Development*, v. 58, n. 5/6, 2014. Disponível em: <<http://dblp.uni-trier.de/db/journals/ibmrd/ibmrd58.html#YaeliBFNRSSCFOS14>>.

ZAFARI, F.; GKELIAS, A.; LEUNG, K. K. A survey of indoor localization systems and technologies. *CoRR*, abs/1709.01015, 2017. Disponível em: <<http://dblp.uni-trier.de/db/journals/corr/corr1709.html#abs-1709-01015>>.

ZAGÓRDA, M.; WALCZYKOVA, M. The application of various software programs for mapping yields in precision agriculture. *BIO Web of Conferences*, v. 10, p. 01018, 01 2018.

ZHAO, S. et al. Heatmap3: an improved heatmap package with more powerful and convenient features. *BMC Bioinformatics*, v. 15, n. S-10, p. P16, 2014. Disponível em: <<http://dblp.uni-trier.de/db/journals/bmcbi/bmcbi15S.html#ZhaoGSS14>>.