

Sistema de Recomendação de Alocação de Clientes em Redes de Computadores

1st Luan Gonçalves Santos
Dept. de Engenharia de Computação
Centro Federal de Educação Tecnológica
Divinópolis, Brasil
luanlulu2010@hotmail.com

Resumo—Este projeto de pesquisa visa desenvolver um “Sistema de Recomendação de Alocação de Clientes em Redes de Computadores” que utiliza técnicas avançadas de análise espacial e algoritmos de recomendação para otimizar a alocação de clientes nas Caixas de Transmissão Óptica (CTO), considerando não apenas a distância, mas também a capacidade de clientes e seu alcance de sinal. A implementação desse sistema promete melhorar a satisfação do cliente, maximizar o tempo de serviço técnico, otimizar a capacidade da rede e reduzir erros e conflitos na alocação dos usuários na rede, beneficiando tanto as empresas do setor quanto os clientes atendidos.

Index Terms—Sistema de Recomendação, Alocação de Clientes, Redes de Computadores, Análise Espacial, Algoritmos de Recomendação, Caixas de Transmissão Óptica (CTO), Distância Geográfica, Capacidade da Rede, Satisfação do Cliente, Infraestrutura de Redes, Grafo Ponderado, Algoritmo de Dijkstra, Interface Gráfica, Otimização de Redes, GIS (Sistema de Informação Geográfica), Eficiência Operacional, API Geocode, Visual, Studio Code, WSL (Windows Subsystem for Linux), C++

I. INTRODUÇÃO

A infraestrutura de redes de computadores desempenha um papel fundamental na oferta de serviços de conectividade em um mundo cada vez mais digital. Com a crescente demanda por acesso à internet e serviços digitais, as empresas de redes de computadores enfrentam o desafio de otimizar suas redes para acomodar um número grande de clientes. A alocação eficiente desses clientes em postes específicos é um aspecto crítico que influencia diretamente a qualidade dos serviços oferecidos.

Os postes nas redes de computadores frequentemente abrigam as ‘Central Terminals Optical’, que têm uma capacidade máxima de clientes e a habilidade de retransmitir o sinal por uma distância. Ressaltando que ambas características variam de acordo com a engenharia do projeto. Portanto, a alocação de novos clientes deve levar em consideração não apenas a distância, mas também a capacidade da CTO [1].

Esse desafio complexo envolve uma análise espacial minuciosa, a qual os técnicos não têm disponibilidade para realizar durante a instalação de novos clientes, tornando, desse modo, uma estimativa na escolha do local adequado para a alocação do cliente.

Sendo assim, nas próximas seções, serão destacados os principais pontos relevantes nos quais o sistema de recomendação pode atuar, acompanhados de citações sobre pesquisas já realizadas na problemática.

II. OBJETIVOS E TRABALHOS RELACIONADOS

Neste estudo, objetiva-se implementar um sistema que otimize a busca pelo caminho ideal para a alocação mais eficiente do cliente, proporcionando benefícios substanciais para as empresas do setor. Destacam-se melhorias significativas na satisfação do cliente, obtidas por meio de instalações mais rápidas e eficientes. Adicionalmente, espera-se a maximização do tempo de serviço técnico, uma vez que a eliminação de buscas manuais permite que os técnicos utilizem seu tempo de maneira mais eficaz, resultando em aumento de produtividade.

Atualmente, este segmento já é contemplado por alguns aplicativos e sites que procuram exercer serviços similares para a visualização dos projetos em redes de computadores, sendo os mais conhecidos: *I) GeoGrid Maps*, *II) Google Earth*.

I. O *GeoGrid Maps* é um software dedicado à documentação de redes de fibra óptica para provedores. Ele proporciona a capacidade de documentar de forma abrangente toda a infraestrutura, desde a estação até o cliente. Além disso, oferece uma variedade de ferramentas projetadas para simplificar as operações dos provedores, incluindo cálculos de potência, análise de rompimento de fibra, avaliação de viabilidade para clientes, modo de projeto, relatórios de portas, entre outras funcionalidades [2].



Figura 1. Exemplo da visualização de projetos proporcionada pelo GeoGrid Maps.

II. Já o *Google Earth*, desenvolvido pela Google, é uma plataforma que oferece uma visão detalhada do nosso planeta, integrando imagens de satélite e mapas tridimensionais [3]. Quando aplicado no contexto deste

estudo, possibilita a visualização de todas as estruturas presentes no projeto de redes, tais como o cabeamento, postes e CTOs.



Figura 2. Exemplo da visualização de projetos proporcionada pelo Google Earth.

Ao analisar as “Fig. 1” e “Fig. 2”, fica evidente que os sistemas existentes proporcionam uma visão abrangente do projeto de redes de computadores, permitindo verificar a quantidade de clientes em cada CTO. Contudo, durante novas instalações, esses softwares atribuem ao técnico a responsabilidade de estimar o local ideal, o que pode resultar em decisões imprecisas, uma vez que os sistemas atuais não possuem nenhuma assistência nesse processo.

Nesse contexto, o próximo passo consiste em analisar quais dados são considerados importantes para a concepção de um sistema capaz de atender a essa demanda que surge durante a instalação de novos clientes na rede.

III. TRATAMENTO DE DADOS

Considerando o mapeamento da rede de computadores na qual o sistema irá operar, é fundamental realizar uma análise que leve em consideração a localização dos postes na cidade e estabeleça a relação de vizinhança entre eles. Em outras palavras, é imprescindível ter conhecimento sobre a localização dos postes e também identificar quais deles estão equipados com Centrais de Transferência Óptica. Observe na “Tab. I” um potencial arquivo CSV passível de utilização.

Dado seu papel fundamental na implementação do sistema, na eventualidade de as coordenadas geográficas (latitude e longitude) das estruturas não serem fornecidas, cabe ao usuário localizá-las manualmente. Para alcançar esse propósito, é suficiente empregar a API Geocode By Awesome Table [4], uma ferramenta concebida para a conversão de endereços em coordenadas geográficas, explica Anaiá da Paixão Sevá em seu tutorial no YouTube. Em seu vídeo, intitulado “Como

Tabela I
EXEMPLIFICAÇÃO DO CONJUNTO DE DADOS EM FORMATO CSV

Poste	Endereço	Vizinhos	Latitude	Longitude	Cto
1	R. Geraldo Alexandre, 551 - Campo Belo, Divinópolis - MG	-20,107881	-44,9630409	2	0
2	R. Carlos de Freitas, 70-150 - Vista Alegre, Divinópolis - MG	-20,1073389	-44,9627259	1, 3	0
3	R. Biluquinha, 611 - Campo Belo, Divinópolis - MG	-20,107317	-44,9629199	2, 4, 5	0
4	R. Biluquinha, 630 - Campo Belo, Divinópolis - MG	-20,1073284	-44,9627184	3, 7	0
5	R. Carlos de Freitas, 67-1 - Vista Alegre, Divinópolis - MG	-20,1073284	-44,9627184	3, 7	0
6	R. Geraldo Alexandre, 650 - Vista Alegre, Divinópolis - MG	-20,1068834	-44,9631386	4, 8, 9, 10	1
7	R. Carlos De Freitas Neto, 3 - Campo Belo, Divinópolis - MG	-20,1073328	-44,9627216	5, 11	0
8	R. Doná Cota, 22 - Vista Alegre, Divinópolis - MG	-20,1067285	-44,9630074	6, 12	0

geocodificar endereços?”, ela aborda o passo a passo de como baixar e utilizar a aplicação [5].

Para acessar o tutorial, clique [AQUI]

(<https://www.youtube.com/watch?v=Jl5HTWYsxYA>).

Além disso, é importante ressaltar que o arquivo CSV deve ser obrigatoriamente delimitado por ponto e vírgula (;).

Portanto, ao dispor do arquivo de entrada ideal, torna-se improvável a ocorrência de erros no sistema. Sendo assim, a etapa subsequente envolve a modelagem e a aplicação de métodos tradicionais, como algoritmos aplicados a grafos, para alcançar o objetivo de recomendar o melhor caminho para a alocação dos clientes.

IV. METODOLOGIA

A fundamentação teórica é uma parte determinante para o correto funcionamento do software. Nesse contexto, emprega-se a teoria dos grafos para modelar o sistema. Como demonstra Thomas H. Cormen, em seu livro a “Algoritmos: Teoria e Prática”, um grafo é uma estrutura matemática composta por um conjunto de vértices e um conjunto de arestas, em que cada aresta conecta um par de vértices [6].

No “Sistema de Recomendação de Alocação de Clientes em Redes de Computadores” a representação dos vértices é dada pelas classes ‘**Poste**’ ou ‘**CTO**’. Esses objetos incorporam atributos essenciais para a identificação única do poste, como o ID, e as coordenadas geográficas representadas pela latitude e longitude. Além disso, a estrutura do objeto Poste é enriquecida com uma lista de vizinhos, refletindo quais outros postes estão diretamente conectados a ele.

Quanto às arestas, estas são representadas pelos fios que conectam os postes. Observe a seguir, um exemplo de grafo que poderia ser gerado pelo sistema, dependendo da entrada de dados:



Figura 3. Grafo gerado a partir do arquivo de teste 'Postes.csv'

Embora a “Fig. 3” apresente um grafo simples e não ponderado, é crucial destacar que a ponderação desempenha um papel fundamental, uma vez que o principal objetivo é calcular o menor caminho entre dois vértices. Portanto, fora da representação visual, o software realiza o cálculo dessas ponderações utilizando a fórmula da Distância entre dois pontos no plano cartesiano [7], conforme expresso pela equação:

$$d_{AB} = \sqrt{(X_b - X_a)^2 + (Y_b - Y_a)^2} \quad (1)$$

, onde A e B representam dois postes vizinhos, e X e Y denotam as coordenadas de latitude e longitude, respectivamente.

Finalmente, após a bem-sucedida modelagem do grafo simples e ponderado, a última etapa necessária para implementar o 'Sistema de Recomendação de Alocação de Clientes em Redes de Computadores' consiste na aplicação de algoritmos que auxiliem na identificação do local ideal para a instalação do cliente. Para esse fim, o principal quesito é descobrir qual é a Caixa de Transmissão Óptica mais próxima do poste onde o cabo de fibra foi puxado para o cliente.

Na teoria dos grafos, o método mais eficaz para encontrar o caminho mais curto entre dois pontos em um grafo é o **Algoritmo de Dijkstra** [8]. Com um custo computacional $\Theta[(V + E) * \log_2(V)]$, onde V é a quantidade de vértices e E é o número de arestas do grafo, o algoritmo atribui rótulos às distâncias conhecidas de um ponto inicial para todos os outros pontos no grafo. À medida que o algoritmo avança, ele seleciona o vértice com a menor distância rotulada, atualiza as distâncias para seus vizinhos e repete o processo até que todos os pontos sejam explorados [6].

Sendo assim, a função de recomendação do sistema fundamenta-se no algoritmo de Dijkstra para fornecer a rota mais curta do cliente até a CTO mais apropriada.

V. RESULTADOS

Esta seção tem como propósito apresentar as ferramentas utilizadas para implementar o “Sistema de recomendação de Alocação de Clientes em Redes de Computadores” e expor um passo a passo de sua execução. Ao longo da explicação, todas as funções do sistema serão abordadas de maneira a possibilitar a compreensão e utilização do software por parte de qualquer usuário.

Para acessar código do programa, clique [AQUI] (https://github.com/LuanLuL/Instalacao_Clientes).

Ao ser executado pelo usuário, o sistema exibirá a tela inicial, conforme ilustrado na “Fig. 4”, que apresenta um menu de opções. Nesta interface, o técnico pode realizar consultas de postes, inserir clientes e sair.

```
***** Sistema de Recomendação *****
1 - Consultar postes
2 - Inserir cliente
3 - Sair

Escolha uma opção:
```

Figura 4. Tela inicial do sistema juntamente das funcionalidades do sistema.

É fácil visualizar que as funcionalidades do software dispõem explicações devido aos seus nomes autoexplicativos. Inicialmente, conforme sugere a opção **‘1 - Consultar postes’**, o técnico tem a possibilidade de consultar todos os postes cadastrados no sistema. Nessa consulta, é possível visualizar a nomenclatura (ID) do poste e seu endereço, como exemplificado na “Fig. 5.

```
***** Sistema de Recomendação *****
1 - Consultar postes
2 - Inserir cliente
3 - Sair

Escolha uma opção: 1

Postes alocados no sistema:

1 - 1R. Geraldo Alexandre, 551 - Campo Belo, Divinópolis - MG, 35505-000
2 - R. Carlos de Freitas, 70-150 - Vista Alegre, Divinópolis - MG
3 - R. Biluquinha, 611 - Campo Belo, Divinópolis - MG, 35505-000
4 - R. Biluquinha, 630 - Campo Belo, Divinópolis - MG, 35505-000
5 - R. Carlos de Freitas, 67-1 - Vista Alegre, Divinópolis - MG
6 - R. Geraldo Alexandre, 650 - Vista Alegre, Divinópolis - MG
7 - R. Carlos De Freitas Neto, 3 - Campo Belo, Divinópolis - MG, 35505-000
8 - R. Doná Cota, 22 - Vista Alegre, Divinópolis - MG
-----
```

Figura 5. Execução resumida da opção 1 - Consultar postes

Segundamente, o usuário tem a capacidade de cadastrar novos clientes no sistema. A opção **‘2 - Inserir clientes’** representa a função central, abordando a problemática principal deste Artigo: Como determinar o melhor local para a alocação de novos clientes na rede?

Observe, na “Fig. 6”, como é realizada a recomendação de um novo local — para um melhor entendimento, acompanhe o grafo desenhado na “Fig. 3”. Nessa execução, as Caixas de Transmissão Ópticas foram configuradas para suportar no máximo dois clientes, buscando proporcionar uma demonstração sucinta.

Nesse contexto, ao tentarmos alocar mais de dois clientes, é esperado que, por se tratar de um local já verificado, a CTO recomendada também seja a mesma. Todavia, isso não ocorre, pois o sistema verifica que a estrutura já atingiu sua capacidade máxima e, portanto, recomenda a segunda CTO mais próxima.

```

***** Sistema de Recomendação *****

1 - Consultar postes
2 - Inserir cliente
3 - Sair

Escolha uma opção: 2

Qual poste o cliente foi lançado? 48

-----

Cliente deve ser instalado na CTO: '28'

Deseja instalar o cliente? [S/N] s

Siga o menor caminho:

    48 -> 46 -> 41 -> 37 -> 34 -> 28

-----

***** Sistema de Recomendação *****

1 - Consultar postes
2 - Inserir cliente
3 - Sair

Escolha uma opção: 2

Qual poste o cliente foi lançado? 46

-----

Cliente deve ser instalado na CTO: '28'

Deseja instalar o cliente? [S/N] s

Siga o menor caminho:

    46 -> 41 -> 37 -> 34 -> 28

-----

***** Sistema de Recomendação *****

1 - Consultar postes
2 - Inserir cliente
3 - Sair

Escolha uma opção: 2

Qual poste o cliente foi lançado? 48

-----

Cliente deve ser instalado na CTO: '42'

Deseja instalar o cliente? [S/N] s

Siga o menor caminho:

    48 -> 46 -> 43 -> 38 -> 42

-----

```

Figura 6. Execução completa da opção 2 - Inserir cliente

Além disso, a última opção ‘3 - Sair’ simplesmente encerra a execução do sistema. Atenção, destaca-se que o programa de computador não disponibiliza nenhum arquivo de saída;

por conseguinte, a solução possui dados voláteis. Em outras palavras, ao sair do sistema, os cadastros de clientes já realizados serão perdidos.

```

***** Sistema de Recomendação *****

1 - Consultar postes
2 - Inserir cliente
3 - Sair

Escolha uma opção: 3

Saindo do sistema...

-----

```

Figura 7. Execução completa da opção 3 - Sair

Por fim, é importante ressaltar que, para utilizar o algoritmo apresentado no repositório, é necessário utilizar algumas tecnologias, tais como C++ Orientado a Objeto, Visual Studio Code e WSL Ubuntu.

- A ferramenta utilizada para construção do sistema é a linguagem de programação C++. Sendo orientada a objetos (POO), o C++ é usado tanto para comunicação em máquinas quanto para desenvolvimento de softwares acadêmicos e corporativos. Foi escolhida por ser considerada uma das linguagens de programação mais rápidas dos mundo e por possuir as funcionalidades de POO [9].
- O Visual Studio Code é um editor de texto multiplataforma disponibilizado pela Microsoft para o desenvolvimento de aplicações, Conhecer essa ferramenta é importante para os desenvolvedores que pretendem trabalhar em ambientes multiplataforma [10].
- O WSL é um método para se executar o Sistema Operacional Linux dentro do Windows de forma muito fácil. Essa plataforma se torna essencial para o desenvolvimento em ambiente GNU Linux, evitando tarefas como a instalação de máquinas virtuais e criação de dual booting no computador pessoal [11].

O programa ainda possui um arquivo Makefile que realiza todo o procedimento de compilação e execução. Para tanto, temos as seguintes diretrizes de execução:

Tabela II
COMANDOS ÚTEIS PARA COMPILAR E EXECUTAR O PROGRAMA DE COMPUTADOR

Comando	Função
<i>make clean</i>	Apaga a última compilação realizada contida na pasta build
<i>make</i>	Executa a compilação do programa utilizando o gcc, e o resultado vai para a pasta build
<i>make run</i>	Executa o programa da pasta build após a realização da compilação

Nas últimas seções, é apresentam-se as conclusões e contribuições obtidas no decorrer desse Artigo, bem como uma pequena porcentagem das ideias que possam ser aproveitadas como trabalhos futuros para que o sistema traga ainda mais resultância.

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo do desenvolvimento desse trabalho, tornou-se evidente que a construção de um sistema computacional de qualidade vai muito além de uma ideia. Nesse contexto, percebe-se que para contemplar o setor escolhido, é preciso conhecer a área e possuir uma documentação sólida, para somente então, utilizar o sistema proposto.

Apesar de sua simplicidade, a implementação do “Sistema de Recomendação de Alocação de Clientes em Redes de Computadores” sugere uma abordagem eficiente para pesquisa, oferecendo aos técnicos meios eficazes de localizar rapidamente os locais mais aconselháveis para novas instalações. Em um setor no qual o tempo é crucial, encontrar pontos de instalação de forma ágil é uma tarefa essencial. Sendo assim, o programa de computador apresentado neste Artigo demonstra a capacidade de solucionar e auxiliar os profissionais da área a lidar efetivamente com essa demanda.

VII. TRABALHOS FUTUROS

No decorrer da documentação, torna-se evidente que o “Sistema de Recomendação de Alocação de Clientes em Redes de Computadores” apresentado possui diversos segmentos com potencial para aprimoramento. Tendo como objetivo central de fornecer informações, o próximo passo seria desenvolver uma interface gráfica na qual o usuário se sinta confortável ao utilizar o sistema. Alternativamente, poderia-se considerar a implementação das funcionalidades em projetos já existentes, ampliando ainda mais o alcance e a aplicabilidade do sistema.

Ademais, uma melhoria crucial está identificada na Seção ‘Tratamento de dados’, na qual a empresa atualmente obtém manualmente as coordenadas geográficas de seus postes. Nesse enquadramento, para tornar o sistema mais dinâmico, seria vantajoso oferecer a opção de informar apenas os endereços das estruturas, permitindo que o próprio sistema utilize automaticamente a API Geocode By Awesome Table [4] para obter esses dados, proporcionando maior eficiência e praticidade no processo.

Portanto, este artigo destaca um software com potencial significativo para a otimização da alocação de clientes, visando aprimorar a eficiência operacional e a satisfação do cliente. No entanto, é reconhecido que ainda existe a necessidade de explorar oportunidades de aprimoramento, concentrando-se especialmente na implementação de uma interface gráfica mais amigável e na automatização do processo de obtenção de coordenadas geográficas.

REFERÊNCIAS

- [1] DPR. Caixa de Terminação Óptica: O que é. Disponível em: www.dpr.com.br/caixa-de-terminacao-optica-o-que-e. Acesso em: 15 Nov. 2023.
- [2] Midia Local Soluções. Geo Grid Maps. 2010. Disponível em: www.geogridmaps.com.br. Acesso em: 17 nov. 2023
- [3] Keyhole & Inc. Google Earth. Versão 7.3.3. Disponível em: www.google.com/earth/about/. Acesso em: 17 nov. 2023
- [4] Google. Geocode by Awesome Table. Disponível em: www.workspace.google.com/geocode_by_awesome_table. Acesso em: 15 Nov. 2023.
- [5] SEVÁ, A. P. Como geocodificar endereços? [Vídeo]. YouTube, 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Jl5HTWYsxYA>. Acesso em: 15 jan. 2019.
- [6] CORMEN, Thomas H. et al. Algoritmos: Teoria e Prática. Editora Gen. Rio de Janeiro: Campus, 2012.
- [7] WINTERLE, P. STEINBRUCH, A. Geometria Analítica. São Paulo: Makron Books, 2000. Capítulo 7, p. 157.
- [8] INE/UFSC. Algoritmo de Dijkstra para cálculo do Caminho de Custo Mínimo. Disponível em: <https://www.inf.ufsc.br/custo-minimo/dijkstra.html>. Acesso em: 18 nov. 2023.
- [9] CPLUSPLUS. C++ Language v3.3.4s. 2000-2023. Disponível em: <https://cplusplus.com/doc/tutorial/>. Acesso em: 18 nov. 2023.
- [10] Microsoft. Download for free of Visual Studio Code (Version 1.84). [S.l.: s.n., s.d.]. Disponível em: <https://code.visualstudio.com/>. Acesso em: 18 nov. 2023.
- [11] GRACIELLY, J. WSL 2 - A solução para rodar Linux dentro do Windows 10 - Root #08 [Vídeo]. YouTube, 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=hd6lxt5iVsg>. Acesso em: 18 nov. 2023.