

IPWebCalc: Desenvolvimento de uma Ferramenta para Apoio ao Ensino e à Prática de Subdivisão de Redes IPv4

Victor Dias Noletto¹, Fabio Castro Araujo¹, Madianita Bogo Marioti¹

¹Departamento de Computação
Universidade Luterana do Brasil – Palmas – TO

alunonumerol@rede.ulbra.br, fabio.araujo@ulbra.br, madianita.marioti@ulbra.br

Resumo: *O ensino de endereçamento IPv4 e subdivisão de redes costuma representar um desafio em disciplinas de redes de computadores, especialmente pela complexidade dos cálculos e pela variedade de cenários de subdivisão. Diante desse contexto, este trabalho apresenta a IPWebCalc, uma ferramenta educacional voltada ao apoio no processo de ensino-aprendizagem, permitindo ao usuário realizar a subdivisão de redes IPv4 de forma prática e automatizada. A aplicação integra, em uma única interface, tanto a subdivisão padrão quanto a subdivisão com máscaras variáveis, possibilitando configurar diferentes quantidades de hosts por sub-rede conforme as necessidades de cada exercício. Os resultados são exibidos de maneira organizada, incluindo endereços de rede, máscaras, prefixos CIDR, intervalos válidos e endereços de broadcast, facilitando a compreensão dos conceitos trabalhados em sala de aula. Como contribuição, a IPWebCalc aproxima teoria e prática ao oferecer um recurso acessível para o estudo de subdivisão de redes no contexto acadêmico.*

1. Introdução

A consolidação da Internet dependeu da criação de diversos protocolos responsáveis por garantir a comunicação eficiente entre sistemas distribuídos. Entre eles, destaca-se o Protocolo IP, presente na camada de rede, cuja função é identificar dispositivos e permitir o encaminhamento de pacotes ao longo das diferentes topologias. Conforme definido na RFC 791, o IP tornou-se o alicerce do tráfego de dados na Internet ao especificar a estrutura dos datagramas e o modo como devem ser entregues. Nesse contexto, Tanenbaum (2017) destaca que um endereço IP está associado não ao host como um todo, mas à sua interface de rede, evidenciando o papel estrutural do protocolo no processo de endereçamento.

Com a popularização da Internet e o aumento expressivo do número de dispositivos conectados, o espaço de endereços do IPv4 passou a se tornar insuficiente. Segundo Kurose e Ross (2014), “o espaço de endereços IP de 32 bits estava começando a escassear” diante da rápida expansão da rede. Embora o IPv6 tenha surgido como solução definitiva para esse problema, sua adoção global ocorre de forma gradual, o que exige o aprimoramento do uso e da organização do espaço de endereços ainda amplamente utilizado no IPv4.

Nesse cenário, uma das principais estratégias adotadas para otimizar a utilização dos endereços disponíveis é a técnica de subdivisão de redes. Essa abordagem permite particionar blocos maiores de endereços em sub-redes menores, promovendo maior eficiência, organização lógica e melhor distribuição interna dos recursos. Instituições como universidades, empresas e provedores de acesso se beneficiam dessa técnica ao segmentar seus endereços conforme necessidades específicas, sem a necessidade de requisitar novos blocos às autoridades competentes.

A compreensão desse processo é essencial para estudantes e profissionais da área de redes de computadores, que precisam interpretar máscaras de sub-rede, calcular intervalos válidos de endereços e planejar topologias de forma segura e eficiente. Embora obras

consagradas, como as de Tanenbaum (2017) e Kurose e Ross (2014), abordem amplamente esses conceitos, a aplicação prática demanda recursos que auxiliem no cálculo e, principalmente, na compreensão do raciocínio envolvido.

Diante dessa necessidade de recursos voltados à aplicação prática dos conceitos de endereçamento IPv4, destaca-se a IPCalc, uma ferramenta acadêmica desenvolvida em trabalho anterior no âmbito do Departamento de Computação do CEULP/ULBRA, com foco no apoio ao ensino de endereçamento de redes. A IPCalc foi concebida como uma ferramenta simples, priorizando a apresentação clara das informações de endereçamento e evitando o excesso de funcionalidades e de dados simultâneos na interface. Essa escolha buscou alinhar a ferramenta ao conteúdo trabalhado na disciplina de Redes de Computadores, favorecendo a clareza conceitual e o uso didático.

No contexto de seu desenvolvimento, foram analisadas calculadoras de IP disponíveis na internet, com o objetivo de identificar abordagens adotadas, limitações e dificuldades relacionadas ao uso educacional dessas ferramentas. Essa análise considerou aspectos como a quantidade de informações exibidas, a clareza da interface e o suporte a diferentes cenários de endereçamento. Observou-se que muitas soluções existentes apresentam interfaces excessivamente carregadas ou funcionalidades voltadas prioritariamente ao uso profissional, o que pode dificultar o aprendizado dos estudantes em fase inicial.

A partir da identificação de limitações relacionadas à ausência de recursos voltados à subdivisão de redes na IPCalc, surgiu a proposta da IPWebCalc, desenvolvida neste trabalho. A ferramenta foi concebida como uma evolução conceitual da proposta pedagógica da IPCalc, mantendo o foco na simplicidade e no apoio ao ensino, porém construída de forma independente e com o objetivo específico de apoiar o estudo da subdivisão de redes IPv4. Além disso, a IPWebCalc integra-se a um conjunto mais amplo de iniciativas acadêmicas da instituição voltadas ao apoio ao ensino de redes de computadores, reforçando seu caráter educacional.

Dessa forma, este trabalho apresenta o desenvolvimento da IPWebCalc, detalhando seus fundamentos teóricos, a metodologia adotada e a arquitetura da solução, bem como sua relevância como ferramenta educacional de apoio ao ensino e à prática da subdivisão de redes IPv4 no contexto acadêmico.

2. Protocolo IP

O Protocolo IP (Internet Protocol) atua na camada de rede do modelo TCP/IP e define o conjunto de regras responsáveis pelo endereçamento e pelo roteamento dos pacotes transmitidos entre dispositivos em uma rede. Para viabilizar essa comunicação, cada interface de rede precisa ser identificada de maneira única, o que é garantido pelo sistema de endereçamento IP. Como explicam Kurose e Ross (2014), todas as interfaces, sejam de hospedeiros ou de roteadores, devem possuir endereços exclusivos para que o tráfego de dados seja encaminhado corretamente na Internet. O roteamento, por sua vez, consiste no processo de direcionar pacotes entre diferentes redes até que alcancem seu destino final.

Nesse contexto, o endereçamento desempenha um papel fundamental ao atribuir um identificador único a cada interface de rede. Essa definição está diretamente relacionada à topologia da rede, pois “uma parte do endereço IP de uma interface será determinada pela sub-rede à qual ela está conectada” (KUROSE; ROSS, 2014). Assim, o endereço IP não é arbitrário, pois reflete a estrutura lógica da rede e influencia diretamente a organização e o roteamento dos pacotes.

Atualmente, coexistem duas versões do Protocolo IP: o IPv4 e o IPv6. O IPv6 foi desenvolvido para superar a limitação do espaço de endereços de 32 bits do IPv4, mas sua adoção plena avança lentamente devido à complexidade da transição. Como destaca

Tanenbaum (2017), “o IPv6 provou ser muito difícil de implementar. Ele é um protocolo diferente da camada de rede e não se interliga realmente com o IPv4, apesar de muitas semelhanças.” Diante desse cenário, o IPv4 permanece amplamente utilizado, especialmente em ambientes educacionais e em estudos relacionados ao planejamento de redes e ao processo de subdivisão de endereços. Por esse motivo, este trabalho adota exclusivamente o IPv4.

No IPv4, cada endereço é composto por 32 bits, tradicionalmente representados como quatro octetos de 8 bits cada. Para facilitar a leitura, utiliza-se a notação decimal pontuada, na qual cada octeto é convertido para decimal e separado por pontos. Segundo Kurose e Ross (2014), essa notação torna mais simples a interpretação humana, sem alterar a estrutura binária subjacente. Como exemplo, o endereço 193.32.216.9 é formado pelos valores decimais correspondentes aos quatro octetos do endereço, que em binário são representados como 11000001 00100000 11011000 00001001. Essa estrutura possibilita aproximadamente 4 bilhões de endereços distintos (2^{32}), definindo o limite teórico de endereçamento do IPv4.

Assim como o endereço IP, a máscara de sub-rede é formada por 32 bits e define a separação entre a porção de rede e a porção de host. A Cisco (2025) descreve o processo da seguinte forma: “quaisquer bits de endereço com bits de máscara correspondentes definidos como 1 representam o ID da rede. Quaisquer bits de endereço com bits de máscara correspondentes definidos como 0 representam o ID do nó”. Por exemplo, no endereço 192.168.0.0 com máscara 255.255.255.0, os três primeiros octetos da máscara são compostos por bits 1, o que indica que esses 24 bits correspondem à porção de rede, enquanto os 8 bits finais representam a parte destinada aos hosts. Essa distinção é essencial para determinar quantos dispositivos podem compor uma rede e para que os roteadores identifiquem corretamente a pertença de cada endereço.

Antes da adoção de modelos mais flexíveis, como o Classless Inter-Domain Routing (CIDR), o endereçamento IPv4 era estruturado segundo o modelo de classes, composto pelas classes A, B e C. Cada classe possuía tamanhos fixos para as porções de rede e de host, utilizando 8, 16 ou 24 bits, respectivamente (KUROSE; ROSS, 2014). Embora inicialmente prático, esse modelo mostrou-se ineficiente diante do crescimento da Internet, pois a rigidez da alocação frequentemente gerava desperdício de endereços. Redes de classe C, com limite de 254 hosts, rapidamente se tornavam insuficientes, enquanto blocos de classe B, com mais de 65 mil endereços, eram concedidos mesmo quando a demanda era muito menor.

Com o aumento da conectividade e a necessidade de uma alocação mais eficiente, surgiu o CIDR, que substituiu as classes fixas por prefixos de tamanho variável. Nessa abordagem, utiliza-se a notação a.b.c.d/x, em que x representa a quantidade de bits reservados para a porção de rede, permitindo ajustes mais precisos às necessidades de cada rede. Além de otimizar a utilização do espaço de endereços, o CIDR possibilita o agrupamento de rotas, reduzindo o tamanho das tabelas de roteamento e melhorando o desempenho do tráfego entre domínios (KUROSE; ROSS, 2014).

2.1. Sub-redes

Apesar dos avanços trazidos pelo CIDR, a técnica de subdivisão de redes já era amplamente utilizada como solução para evitar o desperdício de endereços IP dentro de uma organização. Ela surgiu como resposta às limitações do modelo de endereçamento por classes, no qual os blocos eram distribuídos de forma fixa e, muitas vezes, desproporcional às necessidades reais. Como explicam Kurose e Ross (2014), uma rede de classe C comporta até 254 hosts, enquanto uma rede de classe B suporta mais de 65 mil, o que frequentemente levava organizações a receber blocos muito maiores do que realmente precisavam.

Para contornar essa subutilização, a subdivisão de redes passou a permitir a divisão de um bloco maior em sub-redes menores, adequadas às demandas específicas de cada setor. Tanenbaum (2017) descreve que essa técnica “permite que uma rede seja dividida em diversas

partes para uso interno, como várias redes, mas externamente continue a funcionar como uma única rede”. Assim, uma universidade que recebe um único bloco IP pode dividi-lo entre seus departamentos sem solicitar novos blocos às entidades responsáveis.

Para que essa divisão ocorra, parte dos bits originalmente destinados à porção de host é realocada para compor a porção de rede. Segundo a NetworkAcademy (2025), “para dividir a rede em sub-redes, convertimos alguns dos bits do host mais à esquerda em bits de rede. Chamamos esses bits de bits de sub-rede”. A máscara de sub-rede é a responsável por indicar esse limite, separando logicamente qual parte do endereço identifica a rede e qual parte identifica os hosts.

A quantidade de sub-redes e de hosts disponíveis depende diretamente desses bits emprestados. O número de sub-redes é dado por 2^n , em que n representa os bits convertidos em sub-rede. Já o número de hosts por sub-rede é calculado por $2^h - 2$, sendo h os bits restantes para a porção de host, e o -2 refere-se aos endereços reservados para identificação da rede e para o broadcast, que não podem ser atribuídos a hosts. Como exemplifica a NetworkAcademy (2025), “com um único bit de sub-rede, podemos criar 2^1 sub-redes; com 2 bits, 2^2 sub-redes; com 3 bits, 2^3 sub-redes; e assim por diante”.

Para reforçar os conceitos apresentados, a seguir são mostrados exemplos de subdivisão de redes com base em blocos pertencentes às classes A, B e C. Cada exemplo destaca como a máscara original, os bits emprestados e o incremento resultante influenciam a formação das sub-redes internas.

Exemplo 1 – Subdivisão de um bloco Classe C: considere o bloco classe C 192.168.0.0/24, amplamente utilizado em redes locais. Para dividi-lo em quatro sub-redes de mesmo tamanho, são necessários 2 bits destinados à criação das sub-redes, pois $2^2 = 4$. Dessa forma, a nova máscara torna-se /26 (255.255.255.192), com incremento de 64 no último octeto. As sub-redes resultantes podem ser visualizadas na Tabela 1.

Sub-rede	Endereço de Rede	Hosts Válidos	Broadcast
1	192.168.0.0/26	192.168.0.1 – 192.168.0.62	192.168.0.63
2	192.168.0.64/26	192.168.0.65 – 192.168.0.126	192.168.0.127
3	192.168.0.128/26	192.168.0.129 – 192.168.0.190	192.168.0.191
4	192.168.0.192/26	192.168.0.193 – 192.168.0.254	192.168.0.255

Tabela 1. Tabela de endereços resultantes da subdivisão do bloco 192.168.0.0/24

A Figura 1 ilustra visualmente essa subdivisão, evidenciando a separação lógica das quatro redes geradas a partir do bloco original.

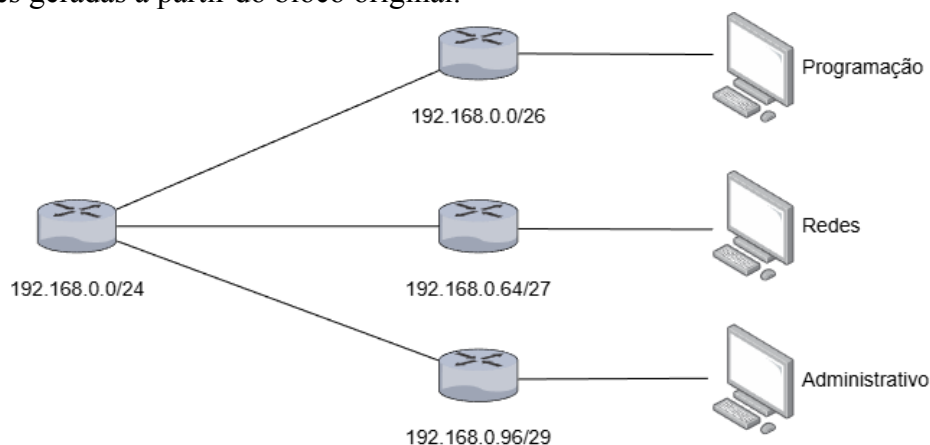


Figura 1. Subdivisão do bloco 192.168.0.0/24 em quatro sub-redes /26

Exemplo 2 – Subdivisão de um bloco Classe B: em um bloco classe B, como 172.16.0.0/16, é comum que grandes organizações precisem criar diversas redes internas. Para obter oito sub-redes de mesmo tamanho, são necessários 3 bits destinados à criação das sub-redes (já que $2^3 = 8$), resultando no prefixo /19 (255.255.224.0) e em incrementos de 32 no terceiro octeto. As sub-redes geradas incluem: 172.16.0.0/19, 172.16.32.0/19, 172.16.64.0/19, 172.16.96.0/19, 172.16.128.0/19, 172.16.160.0/19, 172.16.192.0/19 e 172.16.224.0/19. Cada sub-rede comporta 8190 hosts válidos, demonstrando a capacidade de subdivisão de blocos maiores sem alterar sua estrutura externa.

Exemplo 3 – Subdivisão de um bloco Classe A: para blocos amplos, como 10.0.0.0/8, frequentemente utilizados em redes privadas de larga escala, o processo de subdivisão de redes também pode ser aplicado de forma eficiente. Para criar dezesseis sub-redes, são necessários 4 bits ($2^4 = 16$), resultando no prefixo /12 (255.240.0.0) e em incrementos de 16 no segundo octeto. As sub-redes formadas incluem: 10.0.0.0/12, 10.16.0.0/12, 10.32.0.0/12, 10.48.0.0/12, continuando em incrementos de 16 no segundo octeto até o endereço final 10.240.0.0/12. Cada sub-rede suporta mais de um milhão de hosts válidos, evidenciando a flexibilidade de blocos classe A para organização interna.

Os exemplos apresentados mostram que, embora variem em escala, os blocos das classes A, B e C seguem o mesmo princípio de subdivisão: realocar bits da porção de host para a porção de rede, resultando em novos prefixos, novos incrementos e diferentes capacidades de endereçamento. Esses fundamentos constituem a base conceitual essencial para ferramentas de apoio ao ensino e ao planejamento de redes, entre elas a desenvolvida neste trabalho.

2.2. Trabalhos Correlatos

Ferramentas voltadas para o cálculo e a subdivisão de redes IPv4 têm se tornado recursos amplamente utilizados por profissionais de redes e também por estudantes. Disponíveis tanto em versões online quanto como softwares open source, essas ferramentas têm como objetivo facilitar operações como a definição de máscaras de sub-rede, o cálculo de intervalos de hosts válidos e a identificação de endereços de rede e de broadcast, entre outras tarefas essenciais ao planejamento de redes.

No contexto educacional, o uso dessas ferramentas também pode servir como apoio à aprendizagem prática. Para que cumpram esse papel, é fundamental que apresentem os resultados de forma clara e alinhada ao conteúdo abordado em sala de aula. Assim, analisar as

soluções existentes permite identificar quais abordagens contribuem de maneira mais efetiva para a compreensão de tópicos como a subdivisão de redes.

A seguir, são apresentadas duas ferramentas amplamente utilizadas que exemplificam esse cenário. Ambas foram selecionadas por representarem abordagens distintas no cálculo e na subdivisão de redes IPv4, contemplando tanto métodos de subdivisão fixa quanto de máscaras variáveis. Em sequência, é descrita a ferramenta IPCalc, desenvolvida anteriormente no âmbito do CEULP/ULBRA, que serviu como base para a proposta da IPWebCalc apresentada neste trabalho.

2.2.1. Ferramenta Calculadora de Sub-redes (CCNA Network)

A Calculadora de Sub-redes do CCNA Network é uma ferramenta online gratuita mantida pela plataforma educacional CCNA Network, voltada ao ensino e à prática de conceitos de redes de computadores. Seu principal objetivo é auxiliar no cálculo de endereçamento IPv4, fornecendo resultados rápidos e diretos a partir de um endereço IP e de uma máscara de sub-rede informados pelo usuário. A ferramenta permite a inserção manual de endereços e máscaras ou a seleção de prefixos no formato CIDR, realizando automaticamente o cálculo de parâmetros como endereço de rede, broadcast, quantidade de hosts e intervalo de endereços utilizáveis.

Os resultados são apresentados de forma textual e simplificada, priorizando a agilidade e a facilidade de uso. Embora ofereça informações precisas e cumpra bem sua função em atividades de consulta e prática de exercícios, adota um modelo de subdivisão fixa, no qual todas as sub-redes possuem a mesma quantidade de hosts. Dessa forma, destaca-se pela praticidade no cálculo de endereçamento IPv4, sendo especialmente útil em configurações e planejamentos de redes com subdivisões uniformes.

2.2.2. Ferramenta VLSM Calculator

A VLSM Calculator é uma ferramenta online de código aberto desenvolvida para o cálculo de sub-redes com máscaras de tamanho variável (Variable Length Subnet Mask). Seu objetivo é automatizar a alocação de endereços IP, permitindo criar sub-redes de tamanhos diferentes a partir de um bloco de rede inicial e otimizando o uso do espaço de endereçamento. A ferramenta possibilita inserir um endereço base em notação CIDR, definir a quantidade de sub-redes e especificar o número de hosts desejados em cada uma delas. Após o processamento, apresenta, em formato de tabela, informações como nome das sub-redes, quantidade de hosts, endereços de rede e de broadcast, máscaras em formato decimal e CIDR e intervalos de endereços utilizáveis.

Embora apresente resultados precisos e de fácil interpretação, sua aplicação se restringe ao método de subdivisão variável, exigindo que o usuário informe o número de hosts de todas as sub-redes criadas. Dessa forma, não permite realizar divisões padrão nem combinar os dois métodos em uma mesma execução, o que pode limitar sua flexibilidade em alguns cenários de planejamento.

2.2.3. Ferramenta IPCalc

A IPCalc foi desenvolvida como um Trabalho de Conclusão de Curso no Departamento de Computação do CEULP/ULBRA, com o propósito de apoiar o ensino de redes de computadores. A ferramenta permite ao usuário inserir manualmente valores de entrada para visualizar informações sobre endereçamento IP, como máscara de sub-rede, endereço de rede, broadcast e quantidade de hosts, tanto em formato decimal quanto binário. Seu uso é simples: basta inserir o endereço IP e a máscara desejada para que os dados sejam calculados e exibidos de forma imediata.

A interface apresenta os resultados de forma organizada e acessível, favorecendo a interpretação dos dados e reforçando o vínculo entre teoria e prática. Apesar disso, sua funcionalidade se limita à exibição das informações do bloco de rede inserido, não permitindo a subdivisão em sub-redes. Essa limitação motivou o desenvolvimento da nova versão, a IPWebCalc, que busca ampliar o alcance pedagógico da ferramenta ao incorporar maior flexibilidade no cálculo de sub-redes. A Figura 2 ilustra a interface da versão original da IPCalc, que serviu de referência inicial para a evolução proposta neste trabalho.

IPWebCalc

Para utilizar a calculadora, preencha DOIS campos e escolha a opção CALCULAR para o preenchimento dos campos vazios.

Digite o endereço de rede:	Digite o endereço de host:	Máscara:
Representação CIDR:	Digite o endereço de broadcast:	

REINICIARCALCULAR

Figura 2. Interface da ferramenta IPCalc

Assim, a IPCalc cumpre um papel importante como ferramenta introdutória para o estudo de endereçamento IPv4, oferecendo uma visualização clara dos parâmetros fundamentais de uma rede. Ainda que sua atuação se limite ao cálculo básico do bloco inserido, sua abordagem didática e alinhada ao conteúdo trabalhado em sala de aula consolidaram a ferramenta como um apoio útil no ensino de redes de computadores. Essa base conceitual e estrutural serviu de ponto de partida para o desenvolvimento da IPWebCalc, que amplia significativamente o alcance pedagógico da proposta original ao incorporar funcionalidades voltadas à subdivisão de redes e à resolução de cenários mais complexos.

2.2.4. Comparativo entre as calculadoras

As ferramentas analisadas apresentam abordagens distintas para o cálculo e a subdivisão de redes IPv4. A Calculadora de Sub-redes do CCNA Network oferece uma solução simples e direta, voltada principalmente à prática de cálculos rápidos e à obtenção de parâmetros básicos, como endereços de rede, broadcast e número de hosts. Entretanto, sua aplicação se restringe à subdivisão fixa, o que limita seu uso em contextos que exigem maior personalização.

A VLSM Calculator, por sua vez, adota um modelo mais flexível ao permitir a criação de sub-redes com máscaras de tamanho variável, otimizando a alocação conforme a necessidade de cada bloco. Contudo, exige que o usuário informe o número de hosts de todas as sub-redes, o que pode não ser adequado em cenários mais simples.

A IPWebCalc busca equilibrar essas abordagens ao oferecer maior flexibilidade na forma como o usuário pode realizar a subdivisão da rede, contemplando tanto cenários que exigem divisões padronizadas quanto casos que demandam diferentes quantidades de hosts. Mantendo uma interface simples e orientada ao uso educacional, a nova versão amplia o alcance da ferramenta original e atende melhor às demandas de planejamento e prática de redes.

3. Materiais e Métodos

Esta seção apresenta os materiais empregados no desenvolvimento da IPWebCalc e descreve os métodos adotados ao longo do processo de construção da ferramenta.

3.1. Materiais

Para o desenvolvimento da IPWebCalc, foram utilizados materiais tecnológicos essenciais para a criação do protótipo e da aplicação funcional. Os principais materiais empregados são descritos a seguir:

- Figma: empregado na construção das telas do protótipo, possibilitou organizar visualmente a estrutura da ferramenta e antecipar a experiência de uso. De acordo com sua documentação, o Figma é uma “ferramenta de design colaborativo utilizada para criação de interfaces e protótipos” (FIGMA, 2025), o que o torna adequado para definir a disposição e o fluxo entre as telas utilizadas na IPWebCalc.
- Vite: utilizado para iniciar o ambiente de desenvolvimento da aplicação, forneceu uma configuração leve e rápida, reduzindo o tempo de carregamento durante a programação. Sua documentação descreve o Vite como “uma ferramenta de build rápida projetada para proporcionar uma experiência de desenvolvimento mais eficiente em aplicações web modernas” (VITE, 2025), justificando sua adoção no projeto.
- React: base da camada visual da IPWebCalc, foi empregado na construção dos componentes da interface e na organização do comportamento da aplicação. Conforme descrito pela documentação oficial, o React é “uma biblioteca JavaScript para construir interfaces de usuário por meio de componentes reutilizáveis” (REACT, 2025), o que favoreceu a modularidade na implementação das telas.
- TypeScript: adotado junto ao React, contribuiu para aumentar a segurança do código e evitar erros durante a implementação. A documentação define o TypeScript como “um superconjunto de JavaScript que adiciona tipagem estática opcional e ferramentas para melhorar a qualidade do código” (TYPESCRIPT, 2025), permitindo maior controle sobre os dados manipulados pela aplicação.
- Tailwind CSS: utilizado para padronizar o estilo da interface e agilizar o desenvolvimento visual da ferramenta. O framework segue a abordagem utility-first, oferecendo classes predefinidas que permitem construir interfaces diretamente na marcação HTML. Segundo sua documentação oficial, o Tailwind CSS é apresentado como “um framework CSS utility-first para construir sites modernos rapidamente” (TAILWIND CSS, 2025), característica que contribuiu para a criação de uma interface consistente e organizada na IPWebCalc.

3.2. Métodos

O desenvolvimento da IPWebCalc foi organizado em cinco etapas principais, conforme ilustrado pela Figura 3:



Figura 3. Fluxo do Processo de Desenvolvimento da IPWebCalc

A primeira etapa consistiu no levantamento bibliográfico, cujo objetivo foi embasar teoricamente o desenvolvimento da ferramenta e compreender os fundamentos técnicos relacionados ao endereçamento IPv4, às máscaras de sub-rede e às técnicas de subdivisão de redes. Foram analisadas obras clássicas da área, como Tanenbaum (2017) e Kurose e Ross (2014), além da RFC 791, que define formalmente o funcionamento do protocolo IP.

Em seguida, realizou-se a análise de ferramentas existentes voltadas ao cálculo e à subdivisão de redes IPv4. Essa etapa buscou identificar abordagens, limitações e pontos fortes de soluções disponíveis online ou de código aberto (open source), avaliando aspectos como clareza da interface, flexibilidade e os tipos de subdivisão suportados. As observações obtidas orientaram decisões importantes no projeto da IPWebCalc.

Durante o processo, ocorreram reuniões periódicas com a professora orientadora, especialista em redes de computadores. Esses encontros foram fundamentais para ajustar prioridades, revisar funcionalidades, organizar o conteúdo e garantir alinhamento com as demandas pedagógicas da disciplina.

Com base nas etapas anteriores, foi desenvolvido um protótipo da IPWebCalc utilizando a plataforma Figma. O protótipo passou por refinamentos conforme os retornos da orientadora, resultando em uma interface clara e adequada ao contexto educacional. Essa versão serviu como base para a implementação funcional da ferramenta.

A etapa final da metodologia consistiu na implementação da IPWebCalc com base no protótipo elaborado anteriormente. A aplicação foi desenvolvida utilizando React.js e TypeScript, seguindo a estrutura e os fluxos definidos no Figma. Nessa fase, a interface e as funcionalidades foram adaptadas para o ambiente web, garantindo o correto funcionamento dos cálculos de subdivisão padrão e variável, conforme projetado.

A conclusão desta etapa resultou na versão funcional da ferramenta, apresentada nas seções posteriores, consolidando o processo metodológico que integrou fundamentação teórica, análise comparativa, orientação especializada e desenvolvimento incremental, do protótipo à implementação final.

4. Resultados

A IPWebCalc foi desenvolvida tomando a proposta pedagógica da ferramenta original como referência conceitual, ampliando seu escopo ao introduzir recursos voltados especificamente ao estudo da subdivisão de redes. Diferentemente da versão inicial, limitada à exibição de informações básicas de endereçamento, a nova ferramenta foi projetada como um sistema independente, capaz de operar tanto com subdivisões padrão (sub-redes de mesmo tamanho) quanto com subdivisões variáveis (sub-redes com quantidades distintas de hosts). Essa dupla abordagem reflete a variedade de exercícios presentes na disciplina de Redes de Computadores e atende às demandas de planejamento que surgem em cenários práticos.

Na IPWebCalc, o usuário pode informar o endereço de rede, a máscara e o número de sub-redes desejado. Em seguida, é possível definir a quantidade de hosts necessária em cada sub-rede ou, caso opte por uma divisão padrão, inserir apenas o prefixo desejado. Dessa forma, a ferramenta permite abordar tanto os cálculos tradicionais quanto os exercícios que exigem tamanhos diferentes para cada bloco. Essa característica a diferencia de ferramentas que operam apenas com subdivisão fixa e também daquelas que realizam exclusivamente subdivisão variável, uma vez que a IPWebCalc integra ambos os métodos em uma interface única, simples e orientada ao uso educacional.

4.1 Arquitetura e Projeto da Solução

A implementação da IPWebCalc foi organizada a partir de uma abordagem que busca manter o código estruturado, com responsabilidades bem definidas e alinhado a padrões amplamente utilizados no desenvolvimento de aplicações web modernas. Por se tratar de uma ferramenta executada diretamente no navegador, adotou-se o modelo Single Page Application (SPA), que proporciona maior fluidez na navegação ao eliminar recarregamentos completos de página durante o processo de cálculo. A solução foi desenvolvida utilizando React e TypeScript, tecnologias que favorecem a construção de interfaces modulares e de componentes reutilizáveis, garantindo consistência visual e facilitando a manutenção do sistema. Esta subseção apresenta a arquitetura adotada, descreve como os módulos foram organizados e detalha as práticas de projeto aplicadas no desenvolvimento da ferramenta.

Considerando essa abordagem, dois conceitos arquiteturais centrais orientaram o projeto: o modelo SPA e a arquitetura baseada em componentes. Conforme descrito na documentação da MDN Web Docs (2025), uma SPA carrega apenas um único documento HTML e atualiza seu conteúdo dinamicamente conforme o usuário interage com a aplicação, proporcionando uma experiência contínua e responsiva (MDN WEB DOCS, 2025). Paralelamente, a arquitetura baseada em componentes, característica fundamental do React, estrutura a interface em unidades independentes responsáveis por sua própria lógica e apresentação (REACT, 2025). Esses princípios permitiram construir uma aplicação modular, escalável e alinhada às boas práticas de desenvolvimento front-end.

A estrutura geral do projeto pode ser observada na Figura 4, que apresenta a distribuição dos principais diretórios e arquivos da IPWebCalc. Essa organização materializa as decisões arquiteturais adotadas, evidenciando a separação entre a camada de interface, responsável pela interação com o usuário, e a camada lógica, que concentra as funções de validação e cálculo das sub-redes, além dos módulos de inicialização da aplicação.

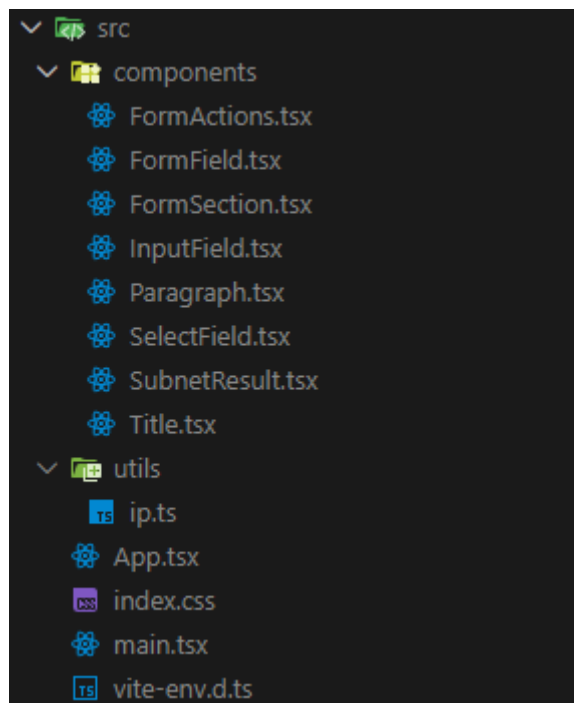


Figura 4. Estrutura de diretórios da IPWebCalc

No diretório `src/` concentra-se todo o código-fonte do sistema, incluindo os componentes de interface, os utilitários dedicados às funções de cálculo e os arquivos responsáveis pela inicialização da SPA. Na pasta `components/` encontram-se elementos

reutilizáveis que compõem a interface da ferramenta, enquanto a pasta *utils/* reúne funções puras relacionadas ao processamento dos dados informados pelo usuário, como validações, definição de máscaras, cálculo de intervalos e geração das sub-redes. Arquivos como *App.tsx* e *main.tsx* são responsáveis pela renderização inicial da aplicação e pela integração dos módulos que sustentam seu funcionamento.

Além da separação estrutural entre as pastas, o funcionamento interno da ferramenta também segue um fluxo bem definido entre apresentação e lógica de processamento. Os componentes localizados em *components/* são responsáveis por capturar as entradas do usuário e apresentar os resultados, atuando exclusivamente como a camada de interface. Toda a lógica computacional da ferramenta encontra-se encapsulada nas funções implementadas em *utils/*, que realizam operações como validação do endereço IP, definição da máscara, cálculo dos intervalos e geração das sub-redes. Dessa forma, os componentes não executam cálculos diretamente; eles apenas invocam as funções de utilidade e exibem os valores retornados.

Essa divisão reforça a responsabilidade única de cada módulo, melhora a legibilidade do código e contribui para reduzir o acoplamento entre as partes do sistema, favorecendo um desenvolvimento mais organizado e sustentável. Esse fluxo de interação entre as camadas pode ser visualizado na Figura 5.

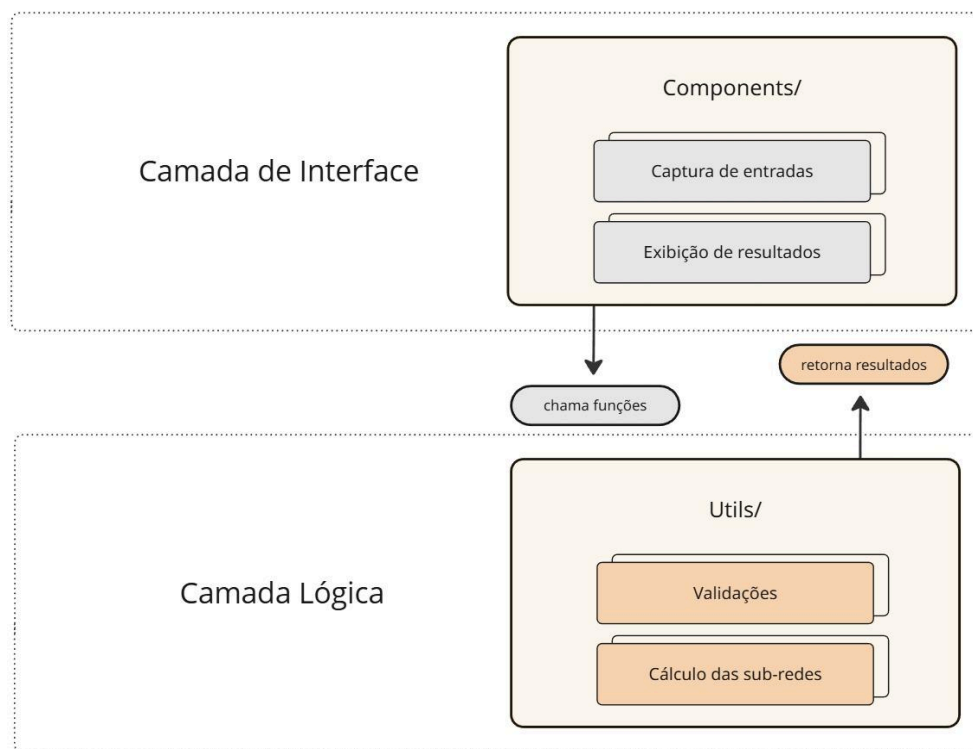


Figura 5. Organização das camadas de interface e lógica na IPWebCalc

A combinação desses elementos arquiteturais, modelo SPA, componentes reutilizáveis e organização modular, estabelece a base que sustenta o funcionamento da IPWebCalc e possibilita a implementação de suas funcionalidades de forma clara e eficiente. Essa estrutura garante uma experiência de uso fluida e facilita a evolução contínua da ferramenta, permitindo incorporar novas funcionalidades ou métodos de subdivisão futuramente. Com a arquitetura consolidada, a próxima subseção apresenta uma descrição detalhada do funcionamento da aplicação, demonstrando como esses princípios foram aplicados na prática durante o processo de cálculo e visualização das sub-redes.

4.2. Descrição do Funcionamento da Ferramenta

Para facilitar a compreensão do funcionamento da IPWebCalc, esta seção apresenta uma simulação prática baseada em um cenário comum no contexto acadêmico: a divisão de uma rede IPv4 do tipo 192.168.0.0/24 em duas sub-redes de tamanhos distintos. A primeira sub-rede deve comportar 50 hosts, enquanto a segunda deve atender a 30 hosts. A simulação permite observar as principais interações realizadas pelo usuário, desde o preenchimento dos dados iniciais até a visualização dos resultados gerados pela ferramenta. As imagens do protótipo são apresentadas em sequência, acompanhadas de explicações que detalham cada etapa e ação executada na interface, possibilitando compreender como o sistema atende às demandas propostas no projeto.

A Figura 6 apresenta a tela inicial da IPWebCalc, na qual o usuário tem acesso direto à calculadora de subdivisão de redes. Nessa interface, é possível visualizar os campos de entrada para o endereço IP, a máscara de sub-rede e o número de sub-redes desejadas, acompanhados de exemplos que auxiliam no preenchimento. Logo abaixo, o usuário pode definir a quantidade de hosts que cada sub-rede deve comportar, permitindo personalizar a divisão conforme diferentes necessidades. Os botões “Limpar” e “Calcular” finalizam a interface, oferecendo praticidade e controle durante o uso da ferramenta.

Divisão em sub-rede IPv4

Para usar a ferramenta digite o endereço de rede, a máscara ou prefixo, e escolha a quantidade de sub-redes e hosts por sub-rede que deseja calcular.

Endereço de rede	Máscara de rede	CIDR	Número de sub-redes
Ex.: 192.168.0.0	Ex.: 255.255.255.0	Ex.: /24	1

Quantidade de hosts

Sub-rede 1	Sub-rede 2	Sub-rede 3	Sub-rede 4
Ex.: 60	0	0	0

LIMPARCALCULAR

Figura 6. Tela Inicial da IPWebCalc

A Figura 7 apresenta a etapa em que o usuário configura os parâmetros iniciais para a subdivisão de uma rede IPv4. Nessa tela, é possível inserir o endereço de rede principal (como 192.168.0.0) e a máscara de sub-rede correspondente (255.255.255.0). Com base nesses valores, a ferramenta calcula automaticamente o prefixo CIDR equivalente, exibindo /24 no campo correspondente. Em seguida, o usuário seleciona a quantidade de sub-redes desejadas por meio de uma lista suspensa, com opções de 1 até 4 sub-redes. Essa escolha define quantos blocos de endereçamento serão gerados no cálculo. A partir dessa definição, a ferramenta libera os campos para que o usuário informe a quantidade de hosts necessária para cada sub-rede.

Divisão em sub-rede IPv4

Para usar a ferramenta digite o endereço de rede, a máscara ou prefixo, e escolha a quantidade de sub-redes e hosts por sub-rede que deseja calcular.

The screenshot shows the initial configuration of the IP subnet calculator. The 'Endereço de rede' field contains '192.168.0.0', the 'Máscara de sub-rede' field contains '255.255.255.0', and the 'CIDR' field contains '/24'. The 'Número de sub-redes' dropdown menu is open, showing options 1, 2, 3, and 4. Below this, the 'Quantidade de hosts' section has four input fields for 'Sub-rede 1' through 'Sub-rede 4'. The 'Sub-rede 1' field contains 'Ex.: 60', while the others are empty. At the bottom, there are two buttons: 'LIMPAR' (red) and 'CALCULAR' (green).

Figura 7. Parâmetros Iniciais de Sub-rede

A figura 8 representa a tela responsável por permitir que o usuário defina a quantidade de hosts que cada sub-rede deverá suportar. Com base na seleção anterior de duas sub-redes, a ferramenta habilita os campos correspondentes para entrada dos valores. No exemplo, a primeira sub-rede foi configurada para comportar 50 dispositivos e a segunda 30 dispositivos. Após preencher os campos de cada sub-rede, o usuário pode prosseguir com o cálculo clicando no botão “CALCULAR”, que processará a divisão da rede conforme os dados informados.

Divisão em sub-rede IPv4

Para usar a ferramenta digite o endereço de rede, a máscara ou prefixo, e escolha a quantidade de sub-redes e hosts por sub-rede que deseja calcular.

The screenshot shows the IP subnet calculator with the 'Número de sub-redes' dropdown menu set to '2'. The 'Quantidade de hosts' section now has the 'Sub-rede 1' field containing '50' and the 'Sub-rede 2' field containing '30'. The 'Sub-rede 3' and 'Sub-rede 4' fields remain empty. The 'LIMPAR' and 'CALCULAR' buttons are still visible at the bottom.

Figura 8. Inserção da Quantidade de Hosts por Sub-rede

A Figura 9 exibe o resultado final do processo de cálculo realizado pela IPWebCalc. Com base nos parâmetros informados nas etapas anteriores, a ferramenta apresenta, de forma estruturada, os blocos de endereçamento gerados para cada sub-rede. Para cada uma delas, são exibidos o endereço de rede, a máscara de sub-rede, o prefixo CIDR, o intervalo de endereços válidos para hosts e o endereço de broadcast. Esses dados são organizados de maneira clara e segmentada, facilitando a análise e permitindo que o usuário compreenda como a rede original foi subdividida de acordo com a demanda especificada. Essa visualização favorece a interpretação dos resultados, especialmente em contextos educacionais.

Divisão em sub-rede IPv4

Para usar a ferramenta digite o endereço de rede, a máscara ou prefixo, e escolha a quantidade de sub-redes e hosts por sub-rede que deseja calcular.

Endereço de rede: 192.168.0.0

Máscara de sub-rede: 255.255.255.0

CIDR: /24

Número de sub-redes: 2

Quantidade de hosts

Sub-rede 1: 50

Sub-rede 2: 30

Sub-rede 3: 0

Sub-rede 4: 0

LIMPAR

CALCULAR

Sub-rede	Endereço da rede	Máscara	CIDR	Hosts Válidos	Endereço de Broadcast
1	192.168.0.0	255.255.255.192	/26	192.168.0.1 – 192.168.0.62	192.168.0.63
2	192.168.0.64	255.255.255.224	/27	192.168.0.65 – 192.168.0.94	192.168.0.95

Figura 9. Resultados do Cálculo de Sub-redes

A demonstração apresentada evidencia o fluxo completo de uso da IPWebCalc e mostra como a ferramenta conduz o estudante desde a inserção dos parâmetros iniciais até a visualização final das sub-redes geradas. Ao organizar as informações de forma visualmente clara e progressiva, a aplicação reforça seu papel como apoio direto à compreensão dos conceitos fundamentais de subdivisão de redes. Além de automatizar cálculos que, quando realizados manualmente, demandariam mais tempo e estariam sujeitos a erros, a interface apresenta mensagens de validação, controle de preenchimento dos campos e exibe apenas as informações necessárias em cada etapa do processo. Dessa forma, os resultados apresentados na Figura 9 representam de maneira objetiva a proposta central da ferramenta: facilitar a compreensão prática do endereçamento IPv4 e da subdivisão de redes em contextos de ensino. Na subseção seguinte, são discutidas as aplicações desse fluxo e os benefícios decorrentes de sua utilização como recurso educacional nas atividades da disciplina.

4.3. Aplicações e Benefícios

Com base no funcionamento apresentado na subseção anterior, é possível identificar diferentes aplicações e benefícios decorrentes do uso da IPWebCalc no processo de ensino-aprendizagem em redes de computadores. A ferramenta foi desenvolvida para oferecer suporte tanto à subdivisão padrão quanto à subdivisão variável, permitindo que o estudante explore diferentes estratégias de alocação de endereços IP e reproduza situações comuns em atividades práticas, avaliações e exercícios aplicados na instituição.

Para fins didáticos, optou-se por permitir a definição de até quatro sub-redes na ferramenta. Essa quantidade foi considerada suficiente para que o estudante compreenda a lógica do processo de subdivisão, visualize os cálculos envolvidos e entenda a distribuição dos endereços, sem sobrecarregar a interface ou o raciocínio inicial. Essa decisão foi definida em conjunto com professores da disciplina de Redes de Computadores, com o objetivo de manter o foco no aprendizado conceitual e na simplicidade da ferramenta.

Diferentemente de soluções que operam apenas com divisões simétricas ou exclusivamente com máscaras de tamanho variável, a IPWebCalc integra ambos os métodos em um único fluxo de utilização, tornando mais simples a transição entre os dois tipos de cálculo durante o estudo. Esse recurso é especialmente relevante em disciplinas introdutórias, nas quais os alunos precisam compreender tanto a lógica da subdivisão tradicional quanto cenários em que setores ou departamentos simulados demandam quantidades distintas de hosts.

Além disso, a interface foi projetada com foco no uso educacional, apresentando os resultados de forma organizada e visualmente clara. Essa abordagem facilita a interpretação de endereços de rede, intervalos válidos e endereços de broadcast, auxiliando o estudante a relacionar os valores calculados com os conceitos teóricos discutidos em sala de aula. Dessa forma, a ferramenta pode ser utilizada tanto em atividades supervisionadas quanto em estudos individuais, funcionando como um recurso prático que reforça e complementa o conteúdo apresentado na disciplina.

5. Considerações finais

Este trabalho teve como objetivo desenvolver uma ferramenta educacional voltada ao apoio ao ensino de redes de computadores, com ênfase na prática do endereçamento IPv4 e da subdivisão de redes. A partir do levantamento bibliográfico, da análise de ferramentas existentes e da construção de um protótipo funcional, foi possível propor a IPWebCalc como uma solução alinhada às demandas do contexto acadêmico e às práticas de ensino adotadas na instituição.

A principal contribuição da IPWebCalc reside na integração, em uma única interface, tanto do método de subdivisão padrão quanto da subdivisão variável, permitindo ao usuário configurar diferentes cenários de subdivisão de redes de acordo com os requisitos de cada sub-rede. Essa abordagem foi fundamentada na observação de que ferramentas disponíveis no ambiente online tendem a adotar apenas um dos métodos: ou trabalham exclusivamente com divisões simétricas, ou realizam apenas subdivisões variáveis que exigem a especificação obrigatória de todos os blocos. Ao oferecer suporte simultâneo aos dois tipos de cálculo, a IPWebCalc adapta-se de forma mais adequada aos exercícios utilizados em sala de aula e aos processos de aprendizagem que demandam diversidade de abordagens.

Além disso, o protótipo foi elaborado com foco na clareza visual e na simplicidade de uso, buscando facilitar a interpretação dos resultados por estudantes que estão em contato inicial com os conceitos de redes. A interface foi ajustada com base nas orientações da professora responsável pela disciplina, de modo a apresentar as informações de forma objetiva, organizada e coerente com o conteúdo didático.

Apesar dos avanços alcançados, a ferramenta ainda apresenta limitações que indicam oportunidades de evolução. A versão atual contempla exclusivamente o endereçamento IPv4 e permite a subdivisão de até quatro sub-redes, quantidade considerada adequada para fins didáticos, pois possibilita ao estudante compreender a lógica do processo de subdivisão sem sobrecarregar a interface ou o raciocínio inicial. Entretanto, em contextos profissionais, nos quais cenários mais complexos de planejamento de redes são frequentes, torna-se importante ampliar essa flexibilidade, permitindo a definição de um número maior de sub-redes. Ademais, a ferramenta ainda não passou por uma validação formal com turmas da disciplina de Redes de Computadores, etapa essencial para avaliar seu impacto no processo de ensino-aprendizagem e identificar melhorias a partir do uso real pelos estudantes.

Como trabalhos futuros, propõe-se ampliar o número de sub-redes suportadas, incluir funcionalidades voltadas ao endereçamento IPv6, aprimorar a interface com recursos adicionais de explicação conceitual e conduzir testes com estudantes em ambiente de sala de aula. Tais ações permitirão consolidar a IPWebCalc como um recurso pedagógico robusto, contribuindo de forma mais ampla para o domínio dos conceitos de subdivisão de redes e para o fortalecimento das práticas de planejamento de redes no contexto acadêmico.

6. Referências

CCNA NETWORK. Calculadora de Sub-redes. Disponível em: <https://ccna.network/calculador-subredes/>. Acesso em: 18 set. 2025.

CISCO SYSTEMS. Entenda a sub-rede. Disponível em: <https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/ip/routing-information-protocol-rip/13788-3.html>. Acesso em: 17 jul. 2025.

FIGMA. Help Center. Disponível em: <https://help.figma.com/hc/en-us>. Acesso em: 20 out. 2025.

INTERNET ENGINEERING TASK FORCE (IETF). RFC 791: Internet Protocol. 1981. Disponível em: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc791>. Acesso em: 3 jun. 2025.

KUROSE, J. F.; ROSS, K. W. Redes de computadores e a Internet: uma abordagem top-down. 6. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2014.

MDN WEB DOCS. Single Page Application (SPA). Disponível em: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Glossary/SPA>. Acesso em: 22 nov. 2025.

NETWORKACADEMY. What is Subnetting?. Disponível em: <https://www.networkacademy.io/ccna/ip-subnetting/what-is-subnetting>. Acesso em: 20 out. 2025.

REACT. React Documentation. Disponível em: <https://pt-br.react.dev/learn>. Acesso em: 20 out. 2025.

REACT. Your First Component. Disponível em: <https://pt-br.react.dev/learn/your-first-component>. Acesso em: 22 nov. 2025.

SILVA, Eduardo Henrique dos Santos. IPWebCalc: calculadora de endereçamento IPv4 Web. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Software) – Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas, 2023.

TAILWIND CSS. Documentation. Disponível em: <https://tailwindcss.com/docs>. Acesso em: 20 out. 2025.

TANENBAUM, A. S.; WETHERALL, D. J. Redes de computadores. 6. ed. Rio de Janeiro: Pearson, 2017.

TYPESCRIPT. TypeScript Documentation. Disponível em: <https://www.typescriptlang.org/pt/docs/handbook/typescript-from-scratch.html>. Acesso em: 20 out. 2025.

VITE. Vite Documentation. Disponível em: <https://vite.dev/guide/>. Acesso em: 20 out. 2025.

VLSM CALCULATOR. VLSM Calculator. [s.l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: <https://vlsmcalc.vercel.app/>. Acesso em: 18 set. 2025.