

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

PEDRO AFONSO CARRARO

**UM ESTUDO COMPARATIVO DE DESEMPENHO ENTRE AS DIFERENTES
VERSÕES DO PROTOCOLO HTTP**

GUARAPUAVA

2025

PEDRO AFONSO CARRARO

**UM ESTUDO COMPARATIVO DE DESEMPENHO ENTRE AS DIFERENTES
VERSÕES DO PROTOCOLO HTTP**

**A comparative study of performance between the different protocol HTTP
versions**

Proposta de Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Tecnólogo em Tecnologia em Sistemas para Internet do Curso Superior de Tecnologia em Sistemas para Internet da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dra. Sediane Carmem Lunardi
Hernandes

Coorientador: Prof. Dr. Hermano Pereira

GUARAPUAVA

2025



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Abreviaturas

art.	Artigo
cap.	Capítulo
sec.	Seção

Siglas

UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
HTTP	Protocolo de Transferência de Hipertexto, do inglês <i>Hypertext Transfer Protocol</i>
UDP	Protocolo de datagrama do usuário, do inglês <i>User Datagram Protocol</i>
TCP	Protocolo de Controle de Transmissão, do inglês <i>Transmission Control Protocol</i>
IP	Protocolo de Internet, do inglês <i>Internet Protocol</i>
QUIC	Conexão Rápida UDP de Internet, do inglês <i>Quick UDP Internet Connections</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	Objetivos	4
1.1.1	Objetivo geral	4
1.1.2	Objetivos específicos (opcional)	4
1.2	Justificativa	5
1.3	Estrutura do trabalho	6
2	CONTEXTUALIZAÇÃO	7
3	PROPOSTA	10
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	12
	REFERÊNCIAS	13

1 INTRODUÇÃO

Embora muitas vezes tratada como uma inovação recente e disruptiva, a Internet é, em certo sentido, a materialização técnica de ideias muito mais antigas. A noção de uma rede interligando inteligências humanas remonta a séculos anteriores à invenção dos computadores. No século XVII, por exemplo, Gottfried Wilhelm Leibniz idealizou uma máquina capaz de organizar todo o conhecimento humano por meio de uma linguagem universal. Athanasius Kircher, por sua vez, concebia sistemas que conectassem mentes por meio de tubos e sons — visões que, embora rudimentares, antecipavam a ideia de uma comunicação global automatizada. A Internet é fruto de uma longa tradição de sonhos e especulações sobre como expandir a capacidade da mente humana por meio de redes artificiais (SMITH, 2022).

Com o avanço tecnológico e a digitalização da sociedade, essas ideias escalaram e tomaram forma. Atualmente, a Internet é uma infraestrutura essencial para o funcionamento da vida contemporânea. Ela está presente em praticamente todos os aspectos do cotidiano, sendo alguns deles, a comunicação pessoal, os serviços bancários, a educação, o trabalho remoto, o comércio eletrônico, o lazer e o acesso a informações. Segundo o Pew Research Center (2024), mais de 90% dos adultos em países desenvolvidos utilizam a Internet diariamente. No Brasil, a pesquisa TIC Domicílios do Cetic.br (2024) aponta que 84% dos lares têm acesso à rede, sendo o celular o principal meio de conexão. Essa presença definitiva e constante revela uma dependência crescente da sociedade em relação às tecnologias digitais e à infraestrutura que as sustenta.

O crescimento da Internet veio acompanhado de diversos desafios relacionados ao seu desempenho e à confiabilidade. Problemas como lentidão no carregamento de páginas, interrupções em serviços online, congestionamento de tráfego e alto consumo de dados impactam diretamente a experiência do usuário e a eficiência de sistemas que dependem da rede. Tais falhas técnicas não são triviais, elas afetam desde a produtividade no ambiente de trabalho até a qualidade do ensino remoto, o funcionamento de serviços públicos digitais e a competitividade de negócios online. Isso evidencia a importância de compreender não apenas as estruturas subjacentes que sustentam o funcionamento da Internet, mas também os protocolos de alto nível.

Dentre os diversos protocolos existentes, destaca-se o *Hyper Transfer Protocol* (HTTP), responsável por definir as regras para a comunicação entre servidores e clientes (i.e., navegadores) na *World Wide Web* (Web) (FOROUZAN; MOSHARRAF, 2013).¹ Mesmo sendo invisível para a maior parte dos usuários, o HTTP é um dos pilares da Web, sendo responsável por 82% do tráfego da Internet (CLOUDFLARE, 2024a). Nesse contexto, é compreensível que a sua eficiência esteja diretamente ligada aos problemas citados anteriormente. Com isso, foram

¹ A Web é um serviço cliente-servidor distribuído que permite a recuperação de documentos por meio de páginas Web Forouzan e Fegan (2009).

desenvolvidas diferentes versões do protocolo, buscando superar limitações técnicas e oferecer mais velocidade, segurança e confiabilidade na comunicação.

Por fim, este trabalho tem como objetivo confrontar o desempenho das diferentes versões do HTTP, com ênfase nas versões HTTP/1.1, HTTP/2 e HTTP/3. Busca-se, através de testes, identificar as vantagens e limitações de cada versão em diferentes contextos de uso, quanto ao carregamento de páginas em redes com estabilidade distinta, verificando o tempo de resposta e o consumo de dados. Com isso, pretende-se fornecer subsídios para profissionais e para o meio acadêmico da área na tomada de decisões mais assertivas sobre a adoção de cada versão conforme as necessidades específicas de seus projetos, sistemas ou aplicações.

1.1 Objetivos

Os objetivos do trabalho se dividem em objetivo geral e objetivos específicos.

1.1.1 Objetivo geral

Analisar comparativamente o desempenho das versões do protocolo HTTP, com foco nas versões HTTP/1.1, HTTP/2 e HTTP/3.

1.1.2 Objetivos específicos (opcional)

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Analisar as especificações técnicas das versões HTTP/1.1, HTTP/2 e HTTP/3, com base nas respectivas *Request for Comments* (RFCs), destacando suas principais características, inovações introduzidas e limitações observadas em cada uma.
- Examinar a complexidade de configuração das diferentes versões do protocolo HTTP em um ambiente real, utilizando o servidor web NGINX como base para a comparação, a fim de compreender os requisitos práticos para sua adoção.
- Avaliar o comportamento das versões HTTP/1.1, HTTP/2 e HTTP/3 quanto ao desempenho, considerando métricas como tempo de resposta, eficiência na utilização da largura de banda e estabilidade em cenários variados.
- Investigar como diferenças no desempenho entre as versões influenciam a experiência do usuário e a eficiência de aplicações web, com foco em aspectos como velocidade de carregamento e confiabilidade da comunicação.

- Analisar relatórios técnicos, estudos de caso e dados de tráfego disponíveis para identificar contextos e cenários nos quais cada versão do protocolo HTTP apresenta vantagens específicas em relação às demais.

1.2 Justificativa

O protocolo HTTP, utilizado na Web, é responsável por grande parte do tráfego global da Internet. Essa grande dominância acaba subdividida entre suas versões, sendo que em 2024 apenas 21% do tráfego foi representado pelo HTTP/3, o tráfego HTTP/2 correspondeu a aproximadamente 50% e as versões HTTP/1.0 e HTTP/1.1 equivaleram a cerca de 30% do tráfego (CLOUDFLARE, 2024b).

Essa diferença na distribuição do tráfego do protocolo pode ser explicada pelo fato do HTTP/3 ser relativamente recente e em processo de adoção. Isso resulta em menos documentação e experiência consolidada sobre seu uso em diferentes contextos, causando certa incerteza de sua eficiência. Paralelamente, versões anteriores continuam sendo usadas porque, em muitos casos, ainda atendem de forma satisfatória às necessidades, além de não exigirem modificações nas aplicações e servidores já existentes.

Nesse contexto, torna-se relevante analisar e comparar o desempenho destas diferentes versões, levando em conta que cada uma pode apresentar vantagens ou desvantagens a depender do ambiente em que se encontra. A velocidade de carregamento de um site, por exemplo, é um dos principais fatores que impactam a usabilidade e a percepção de qualidade por parte do usuário. Segundo Nielsen (2010), atrasos acima de 1 segundo já interrompem o fluxo de pensamento do usuário, e acima de 10 segundos geram frustração e abandono. Dados mais recentes também mostram que essa tolerância tem diminuído, uma pesquisa citada pela Dycoders (2023) aponta que 47% dos usuários esperam que a página carregue em até 2 segundos, e 40% abandonam o site se levar mais de 3 segundos. Esses fatores contribuem diretamente para altas taxas de rejeição, frustração do usuário e perda de oportunidades de negócio. Em contrapartida, um site rápido e com bom desempenho pode melhorar a satisfação do usuário. Essa comparação pode auxiliar profissionais e instituições a tomarem decisões mais embasadas quanto à adoção ou manutenção de determinadas versões do protocolo, conforme suas demandas específicas.

Assim, a finalidade deste trabalho provém da necessidade de uma melhor compreensão do comportamento do protocolo e suas versões na prática, contribuindo para um uso mais consciente e adequado de acordo com cada situação. Os resultados deste estudo podem beneficiar tanto a comunidade acadêmica, ao ampliar o conhecimento técnico sobre o tema, quanto o setor de tecnologia, ao apresentar um estudo prático do protocolo e seu desempenho. O estudo busca contribuir para um campo ainda em consolidação na literatura técnica e acadêmica, especialmente no que se refere à comparação prática entre as versões do protocolo HTTP e sua configuração em ambientes reais. Embora existam documentos normativos, como

as RFCs, e relatórios técnicos de desempenho, há uma escassez de trabalhos que integrem essas abordagens de forma aplicada, o que reforça o potencial deste estudo como base para futuras pesquisas e aplicações.

Por fim, a escolha do tema também reflete um interesse pessoal do autor na área de redes e protocolos, reforçado por experiências acadêmicas relacionadas à infraestrutura da Web. A viabilidade do estudo é garantida pelo acesso a ambientes de teste e ferramentas adequadas, que permitem a realização de análises práticas e objetivas do desempenho das diferentes versões do protocolo HTTP.

1.3 Estrutura do trabalho

O trabalho é estruturado como segue. O Capítulo 1 apresenta a introdução do trabalho, objetivos e justificativa. No Capítulo 2 apresenta-se a contextualização do trabalho e no Capítulo 3 a proposta. As considerações finais são descritas no Capítulo 4 e, posteriormente, as referências utilizadas.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO

A Web surgiu como uma ferramenta para compartilhamento de informações científicas e rapidamente se transformou em uma das principais plataformas de comunicação e interação global. Por trás de sua aparente simplicidade, existe uma estrutura complexa que permite a troca de dados entre dispositivos em diferentes partes do mundo. Essa estrutura é baseada em uma arquitetura em camadas, na qual cada parte do processo de comunicação é responsável por uma função específica, desde o envio físico dos dados até a sua interpretação pelas aplicações dos usuários.

Dois dos protocolos fundamentais que possibilitam essa comunicação são o Internet Protocol (IP) e o Transmission Control Protocol (TCP). O IP é responsável por endereçar e encaminhar pacotes de dados entre redes, garantindo que as informações cheguem ao destino correto. Já o TCP atua garantindo a integridade desses dados, estabelecendo conexões confiáveis e assegurando que os pacotes sejam entregues em ordem, mesmo que trafeguem por caminhos diferentes na rede (FOROUZAN; FEGAN, 2009).

Esses dois protocolos operam de forma conjunta e complementar, com sua combinação dando origem ao que é conhecido como pilha TCP/IP. Essa pilha foi concebida na década de 1970, durante os experimentos da Advanced Research Projects Agency Network (ARPANET)¹, e tornou-se a espinha dorsal da Internet moderna. Ela é organizada em diferentes camadas hierárquicas que compartilham responsabilidades na comunicação de dados, permitindo modularidade, interoperabilidade e escalabilidade (FOROUZAN; FEGAN, 2009).

Entre essas camadas, destacam-se quatro principais: camada de enlace, camada de rede, camada de transporte e camada de aplicação. A camada de enlace lida com a comunicação direta entre dispositivos vizinhos, enquanto a camada de rede é responsável pelo endereçamento e roteamento dos pacotes. A camada de transporte, por sua vez, é encarregada de garantir a entrega confiável e ordenada dos dados. Por fim, a camada de aplicação é onde atuam os protocolos voltados diretamente ao usuário, como o HTTP.

Para esta análise, a camada de transporte e a camada de aplicação são particularmente importantes. É na camada de transporte que operam o TCP e o User Datagram Protocol (UDP), sendo o primeiro amplamente utilizado por versões anteriores do HTTP. O TCP fornece uma comunicação confiável, orientada a conexão, isto é, ele exige uma conexão virtual entre o remetente e o receptor, conexão esta que fica aberta até o final do processo, além do controle de fluxo e retransmissão de pacotes perdidos. Já o UDP é um protocolo mais simples, não orientado à conexão, ideal para aplicações em que a latência precisa ser mínima, como transmissões ao vivo e jogos online (FOROUZAN; FEGAN, 2009).

¹ ARPANET foi a primeira rede de computadores baseada no protocolo de comutação de pacotes, desenvolvida nos Estados Unidos a partir de 1969, sendo precursora da Internet (LEINER *et al.*, 2003)

Com o avanço das tecnologias e o crescimento da demanda por desempenho, o protocolo HTTP passou a evoluir, buscando novas soluções. Sua versão mais recente, o HTTP/3, rompe com o uso tradicional do TCP e passa a operar sobre o protocolo Quick UDP Internet Connections (QUIC), desenvolvido sobre o UDP. Essa mudança traz ganhos significativos em termos de latência e confiabilidade em redes instáveis, além de uma maior velocidade no estabelecimento de conexões, aspectos fundamentais no contexto moderno da Internet. Compreender essa estrutura em camadas e os protocolos envolvidos é essencial para entender os desafios e as soluções propostas nas diferentes versões do HTTP.

A versão HTTP/1.1 foi amplamente adotada, permanecendo como padrão dominante por mais de duas décadas. Ela introduziu melhorias importantes em relação ao HTTP/1.0, como conexões persistentes e controle de cache (FIELDING; NOTTINGHAM; RESCHKE, 2022). Entretanto, com a evolução da Web e o aumento da complexidade dos sites, surgiram desafios relacionados à latência e à eficiência da comunicação no HTTP/1.1, decorrentes do seu modelo de conexão sequencial baseado em TCP (BELSHE; PEON; THOMSON, 2015).

Como resposta a essas limitações, surgiu o HTTP/2, que trouxe avanços significativos. Seu principal diferencial é o uso de multiplexação, permitindo que múltiplas requisições e respostas compartilhem uma mesma conexão TCP, sem a necessidade de bloqueio entre elas. Outro recurso importante foi a compressão de cabeçalhos, realizada por meio do algoritmo HPACK, que reduz o tamanho das mensagens ao evitar a repetição desnecessária de informações como *cookies* e autenticações (BELSHE; PEON; THOMSON, 2015).

Apesar dessas melhorias, o protocolo ainda mantém uma dependência estrutural do TCP, o que impunha limitações, especialmente em ambientes com perdas de pacotes. Isso ocorre porque o TCP realiza a retransmissão de pacotes perdidos e aplica mecanismos de controle de fluxo que, ao serem ativados, podem causar bloqueio de cabeçote de linha (*head-of-line blocking*), afetando todos os *streams* da conexão.

O HTTP/3 representa uma mudança mais profunda na arquitetura do protocolo. Ele abandona o TCP e passa a utilizar o QUIC como protocolo de transporte, que, por sua vez, opera sobre o UDP. Uma das principais inovações do QUIC está no seu processo de *handshake*, que combina o estabelecimento da conexão e a negociação criptográfica em uma única etapa, reduzindo significativamente o tempo até a primeira resposta (*Time to First Byte – TTFB*) (BISHOP, 2022).

Além disso, o QUIC permite a multiplexação de *streams* com gerenciamento independente de perda de pacotes. Isso significa que, se um *stream* sofrer atraso, os demais não são impactados, eliminando o problema do *head-of-line blocking* e trazendo ganhos substanciais de desempenho, especialmente em redes móveis ou instáveis (BISHOP, 2022).

Diversos trabalhos recentes têm se dedicado à análise do protocolo HTTP, com foco em aspectos específicos como desempenho, adoção e impacto em diferentes ambientes. Trevisan *et al.* (2021), por exemplo, realizaram uma análise em larga escala da adoção e performance do HTTP/3 em domínios populares, revelando melhorias significativas na latência e no tempo de

resposta, especialmente em cenários com alta perda de pacotes. No entanto, o estudo limita-se à versão HTTP/3, sem uma comparação prática com versões anteriores, nem abordagem sobre a configuração de servidores web em ambientes locais.

Já Liu *et al.* (2024) exploram o comportamento do HTTP/2 e HTTP/3 em ambientes com e sem proxy, investigando o impacto de *middleboxes* e CDNs sobre a eficiência do protocolo. Embora o estudo aprofunde-se nas interações entre protocolos modernos e infraestrutura de rede, ele não contempla o HTTP/1.1, e sua análise se concentra no ambiente de produção com componentes adicionais de rede.

Outro estudo relevante é o de Balej e Sochor (2023), que comparam diferentes implementações de servidores HTTP/3, como Caddy, OpenLiteSpeed e NGINX. O foco está na forma como cada servidor lida com a nova versão do protocolo, mas não há comparação direta entre as versões HTTP/1.1, HTTP/2 e HTTP/3 dentro de um mesmo ambiente.

Em contraste, este Trabalho de Conclusão de Curso propõe uma análise comparativa entre as versões HTTP/1.1 Fielding, Nottingham e Reschke (2022), HTTP/2 Belshe, Peon e Thomson (2015) e HTTP/3 Bishop (2022), com foco tanto nas especificações técnicas apresentadas pelas RFCs quanto no comportamento prático das versões em um mesmo servidor (NGINX). Além disso, busca-se examinar a complexidade de configuração, o impacto da performance no uso real da Web e identificar quais versões oferecem maior eficiência em diferentes cenários.

Assim, compreender essas três versões, seus mecanismos internos, vantagens e limitações, é essencial para avaliar o impacto do HTTP na experiência do usuário, no desempenho da Web e nas decisões técnicas adotadas por organizações. Essa análise se torna ainda mais relevante diante de um cenário em que cada milissegundo de atraso pode significar perda de receita, engajamento ou confiabilidade.

3 PROPOSTA

Este trabalho propõe uma análise comparativa entre as versões HTTP/1.1, HTTP/2 e HTTP/3, com foco em suas especificações técnicas, complexidade de configuração e desempenho em diferentes contextos. O objetivo é fornecer uma compreensão aprofundada sobre como essas versões evoluíram em termos de eficiência, latência, consumo de recursos e usabilidade prática. O problema central abordado é a carência de estudos atualizados que integrem análise teórica, testes práticos com servidor Web e interpretação de dados reais de tráfego, de forma consolidada e acessível.

A abordagem adotada será estruturada em três eixos principais:

- **Estudo técnico** das RFCs que definem cada versão do protocolo, destacando as mudanças mais relevantes, como multiplexação, compressão de cabeçalho, eliminação do *handshake* TCP e uso do QUIC.
- **Configuração prática** de cada versão utilizando o servidor NGINX, identificando as diferenças, dificuldades e exigências específicas de cada uma.
- **Avaliação de desempenho**, por meio de testes controlados e análise de relatórios existentes, que permitirão identificar os contextos em que cada versão apresenta melhor rendimento.

Adicionalmente, os resultados obtidos ao longo da pesquisa serão comparados com os dados apresentados em outros estudos relacionados, como os de Trevisan et al. (TREVISAN *et al.*, 2021), Liu et al. (LIU *et al.*, 2024) e Balej e Sochor (BALEJ; SOCHOR, 2023). Essa comparação servirá para verificar a consistência dos achados e identificar eventuais discrepâncias, contribuindo assim para a validação dos testes realizados e para o entendimento das variações de desempenho em diferentes cenários.

Entre os resultados esperados, destacam-se:

- Um mapeamento das vantagens e limitações de cada versão do protocolo HTTP;
- Um conjunto de observações práticas que podem auxiliar na escolha da versão mais adequada a diferentes tipos de serviços;
- A consolidação de informações dispersas em documentos técnicos e estudos, tornando-as acessíveis e aplicáveis tanto na academia quanto no mercado;
- A verificação empírica da compatibilidade entre os dados obtidos nesta pesquisa e os apresentados por trabalhos anteriores.

Por fim, o público-alvo da pesquisa inclui desenvolvedores web, administradores de sistemas, pesquisadores e profissionais da área de redes e infraestrutura. Além disso, a comunidade

acadêmica pode se beneficiar dos resultados como base para estudos futuros que envolvam protocolos de transporte e desempenho em aplicações web.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho tem como objetivo analisar e comparar diferentes versões do protocolo HTTP(HTTP/1.1, HTTP/2 e HTTP/3) com foco em desempenho, complexidade de configuração e comportamento prático em ambientes controlados. Espera-se, com isso, entender os avanços trazidos por cada versão e suas implicações no contexto atual da Web.

A relevância desta proposta reside no fato de que o HTTP é o principal protocolo de comunicação na Web, sendo diretamente responsável pela experiência de usuários, pela eficiência de aplicações online e pela otimização de recursos de rede. Diante da crescente adoção de novas versões do protocolo, como o HTTP/3, torna-se essencial compreender os ganhos reais que essas atualizações oferecem, assim como suas limitações.

Nesse contexto, espera-se que os resultados obtidos possam fornecer subsídios técnicos para profissionais e pesquisadores na escolha adequada da versão do protocolo a ser utilizada, conforme suas demandas específicas. Além disso, espera-se que a análise dos dados contribua com a literatura existente, oferecendo um panorama atualizado e prático sobre a adoção e desempenho das versões do HTTP.

Por fim, reconhece-se que alguns desafios podem surgir ao longo da execução, como a necessidade de configurar corretamente ambientes de teste que representem cenários reais de uso, as diferenças de suporte às versões do protocolo entre navegadores e servidores, além da complexidade envolvida na coleta e análise de métricas de desempenho. Também pode haver limitações relacionadas à variabilidade das condições de rede e à própria maturidade de implementações do HTTP/3 em determinados contextos. Apesar disso, espera-se que o trabalho contribua de forma significativa para a compreensão do tema e possa servir como base para estudos futuros sobre protocolos da camada de aplicação e desempenho da Web.

REFERÊNCIAS

- BALEJ, M.; SOCHOR, T. Performance comparison of http/3 server implementations. **Mendel University Repository**, 2023. Disponível em: https://doi.mendelu.cz/artkey/doi-990007-2000_PERFORMANCE-COMPARISON-OF-HTTP-3-SERVER-IMPLEMENTATIONS.php.
- BELSHE, M.; PEON, R.; THOMSON, M. **Hypertext Transfer Protocol Version 2 (HTTP/2)**. RFC Editor, 2015. RFC 7540. (Request for Comments, 7540). Disponível em: <https://www.rfc-editor.org/info/rfc7540>.
- BISHOP, M. **HTTP/3**. RFC Editor, 2022. RFC 9114. (Request for Comments, 9114). Disponível em: <https://www.rfc-editor.org/info/rfc9114>.
- CETIC.BR. **TIC Domicílios 2023: Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nos domicílios brasileiros**. 2024. Site Cetic.br. Disponível em: <https://cetic.br/pt/pesquisa/domicilios/>. Acesso em: 06 abr. 2025.
- CLOUDFLARE, I. **Cloudflare Radar**. 2024. Site Cloudflare Radar. Disponível em: <https://radar.cloudflare.com/pt-br#protocols>. Acesso em: 10 abr. 2025.
- CLOUDFLARE, I. **Cloudflare Radar 2024 Year**. 2024. Site Cloudflare Radar 2024. Disponível em: <https://radar.cloudflare.com/year-in-review/2024>. Acesso em: 06 abr. 2025.
- DYCODERS. **The Role of Website Speed in User Experience**. 2023. Blog Dycoders. Disponível em: <https://dycoders.com/blog/the-role-of-website-speed-in-user-experience/>. Acesso em: 16 abr. 2025.
- FIELDING, R. T.; NOTTINGHAM, M.; RESCHKE, J. **HTTP Semantics**. RFC Editor, 2022. RFC 9110. (Request for Comments, 9110). Disponível em: <https://www.rfc-editor.org/info/rfc9110>.
- FOROUZAN, B.; FEGAN, S. **Protocolo TCP/IP - 3.ed.** McGraw Hill Brasil, 2009. ISBN 9788563308689. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=fNvlgp3kkyQC>. Acesso em: 16 abr. 2025.
- FOROUZAN, B.; MOSHARRAF, F. **Redes de Computadores: Uma Abordagem Top-Down**. AMGH, 2013. ISBN 9788580551693. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=57BIAgAAQBAJ>. Acesso em: 16 abr. 2025.
- LEINER, B. M. *et al.* **A Brief History of the Internet**. 2003. Internet Society. Disponível em: <https://www.internetsociety.org/internet/history-internet/brief-history-internet/>. Acesso em: 16 abr. 2025.
- LIU, F. *et al.* Performance comparison of http/3 and http/2: Proxy vs. non-proxy environments. **arXiv preprint arXiv:2409.16267**, 2024. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2409.16267>.
- NIELSEN, J. **Website Response Times: The 3 Important Limits**. 2010. Site Nielsen Norman Group. Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/response-times-3-important-limits/>. Acesso em: 16 abr. 2025.
- Pew Research Center. **Internet, Broadband Fact Sheet**. 2024. Site Pew Research Center. Disponível em: <https://www.pewresearch.org/internet/fact-sheet/internet-broadband/>. Acesso em: 06 abr. 2025.

SMITH, J. E. H. **The Internet Is Not What You Think It Is: A History, a Philosophy, a Warning**. Princeton University Press, 2022. ISBN 9780691212326. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=6Z1EEAAAQBAJ>. Acesso em: 06 abr. 2025.

TREVISAN, M. *et al.* Measuring http/3: Adoption and performance. *In: 2021 19th Mediterranean Communication and Computer Networking Conference (MedComNet)*. IEEE, 2021. p. 1–8. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9501274>.