



Ambiente virtual de aprendizado colaborativo para o ensino de redes de computadores

Fabiano Scriptori de Carvalho (Universidade Tecnológica Federal do Paraná
UTFPR/PPGEP) fabiano@utfpr.edu.br

Luiz Alberto Pilatti (Universidade Tecnológica Federal do Paraná UTFPR/PPGEP)
lapilatti@utfpr.edu.br

Resumo

As aulas nas universidades públicas federais brasileiras sofreram profundas transformações em decorrência da pandemia de COVID-19, fazendo com que o ensino remoto emergencial fosse adotado. As disciplinas práticas de redes de computadores requerem implementações nos equipamentos físicos, por isso foi necessário buscar novas formas de atender as práticas utilizadas na sala de aula para suprir as necessidades do aprendizado remoto. O objetivo da pesquisa foi criar uma alternativa viável para a substituição das aulas presenciais práticas com um projeto de implementação de um ambiente virtual de aprendizado colaborativo voltado para o ensino remoto das disciplinas de redes de computadores, com a utilização de uma interface Web na ligação entre o aluno e o ambiente real de equipamentos. Como resultado, foi possível verificar que o desenvolvimento do sistema atendeu aos requisitos e permitiu o acesso da infraestrutura física de redes por meio da Internet pública, levando assim o laboratório físico para dentro da casa do aluno. O sistema foi útil como uma ferramenta de apoio para as aulas práticas de redes no período da pandemia, mas a aula presencial no laboratório de redes para a implementação das topologias tem um efeito maior na aprendizagem do aluno, visto que nesse ambiente o aluno tem contato físico com os equipamentos e materiais da disciplina de redes de computadores.

Palavras-Chaves: Ensino Remoto Emergencial. Redes de Computadores. Simulador. Laboratório Virtual.

1. Introdução

O estudo traz uma discussão sobre o desenvolvimento de um ambiente virtual de aprendizado colaborativo online para as disciplinas de redes de computadores e a sua aplicação nas disciplinas das áreas de Engenharias. A pandemia de COVID-19 forçou a adoção pelas instituições de ensino do Ensino Remoto Emergencial (ERE) para que as atividades de ensino tivessem continuidade. Esta mudança trouxe inúmeros problemas, principalmente nas disciplinas que envolvem a utilização e manuseio de equipamentos reais para a implementação e utilização de laboratórios em sala de aula, como é o caso da área de redes de computadores e telecomunicações. O objetivo principal da pesquisa foi buscar uma alternativa viável para a implantação das atividades remotas como forma de atender as novas



práticas utilizadas na pandemia, com a utilização do ERE, com um projeto de implementação de um ambiente virtual utilizando de uma interface Web na ligação entre o aluno e o ambiente real de equipamentos de redes de computadores (roteadores, switches). Como solução pensou-se no desenvolvimento de um sistema de gerência de laboratório de redes remoto baseado em um ambiente Web que faz a interface com os equipamentos físicos que estão alocados no Laboratório de Redes de Computadores (LabRedes) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) para que possam ser disponibilizados aos estudantes por meio de um navegador Web com acesso à Internet Pública. Este sistema conta com o agendamento de horários para a utilização, para evitar que as configurações sejam sobrepostas por diferentes usuários. A utilização do sistema tem a vantagem de disponibilizar aos alunos os equipamentos reais, permitindo configurações mais avançadas, sem que eles precisem comprar equipamentos ou licenças adicionais de fabricantes de hardware/software.

Uma das dificuldades encontradas pelos alunos com a adoção do ERE foi a de não contar mais com a supervisão do professor nas atividades de sala de aula presencial, para que fosse possível tirar as dúvidas que ocorrem no desenvolvimento das implementações e configurações das topologias estudadas. Por isto, foi necessário criar mecanismos para suprir essa necessidade com a utilização de ambientes virtuais, visando o atendimento complementar das aulas síncronas e o desenvolvimento de material de apoio por meio de vídeos, apostilas e simulações que permitem ao aluno ter informações suficientes para a realização dos laboratórios. Além do acesso remoto aos equipamentos de redes, o ambiente virtual de aprendizado colaborativo online tem como objetivo o gerenciamento de um repositório de informações para o suporte das atividades acadêmicas desenvolvidas pelo professor. A criação deste material será um legado para as futuras turmas das disciplinas de redes na Engenharia.

2. Referencial Teórico

O uso e acesso da tecnologia tem uma variação entre os professores. e estes foram forçados a utilizar de forma mais intensa as Tecnologias Digitais de Comunicação e Informação (TDCI) para as atividades síncronas/assíncronas das disciplinas (RODRIGUES & MORO, 2022), (MARTIN et al., 2022). Para Kipper et al., (2021) “no setor educacional, a tecnologia se conecta intrinsecamente a processos de ensino e aprendizagem, tornando-se uma



ferramenta essencial e não mais dispensável”. Com a adoção do ERE, foi necessária uma adaptação em relação às tecnologias utilizadas para o suporte a esta mudança na metodologia de ensino. Por mais exigente que o processo tenha sido para a maioria dos profissionais de educação, houve uma resposta rápida e eficaz no desenvolvimento de habilidades digitais profissionais (CAN & SILMAN-KARANFIL, 2022). A pandemia ironicamente criou oportunidades para professores e alunos para a exploração de estratégias e métodos não convencionais, com o intuito de superar as questões que surgiram nesse período (CHUAH & MOHAMAD, 2020).

Atualmente as redes de computadores tornaram-se uma das principais infraestruturas emergentes da Tecnologia da Informação (TI), com a introdução de novos conceitos como Big Data, IoT, Cloud Computing e segurança da informação (VIJAYALAKSHMI et al., 2016). As disciplinas práticas de redes de computadores na área de Engenharia permitem a construção do conhecimento e requerem que se utilizem métodos baseados em exercícios de laboratório em equipamentos reais para adquirir habilidades práticas, alcançando assim a compreensão dos conceitos teóricos subjacentes relacionados a área de conhecimento (PRVAN & OŽEGOVIĆ, 2020). Em contrapartida, os alunos devem fazer um esforço intelectual para interpretar os conhecimentos repassados pelo professor, bem como dedicar tempo para absorver os assuntos, ficando a cargo de cada aluno a construção do seu conhecimento sobre o assunto trabalhado nas atividades (VIRGILI, 2021).

O Departamento Acadêmico de Informática (DAINF) da UTFPR, campus Curitiba, disponibiliza o LabRedes para apoio às aulas práticas, permitindo as implementações de topologias estudadas em equipamentos reais, reforçando assim o aprendizado e fazendo com que os alunos tenham uma experiência mais próxima do ambiente corporativo. O laboratório disponibiliza roteadores, switches, firewalls, pontos de acesso de redes sem fio, antenas, patch panels e meios de transmissão (UTP, fibra óptica, serial) para que os alunos possam aprender na prática as configurações na área de redes de computadores. Com a adoção do ERE, as implementações que eram realizadas presencialmente no laboratório passaram a ser realizadas por meio de softwares de simulação de redes, que se aproximam da realidade e permitem aos alunos simularem um ambiente de redes sem a necessidade de adquirir equipamentos de alto custo para a realização dos exercícios, permitindo assim que o aprendizado ocorra de forma remota (TSOCHEV, 2021). No entanto esse software é uma abstração, e nem sempre possui todas as funcionalidades de um equipamento real, limitando as implementações de topologias



e protocolos mais avançados. Mesmo assim, permite a experiência prática dos conceitos teóricos vistos em sala de aula (PRVAN & OŽEGOVIĆ, 2020).

A proposição do uso de ferramentas para a simulação de redes de computadores pode fazer parte do método pedagógico de ensino adotado nas disciplinas, permitindo que os alunos compreendam os conceitos práticos de forma mais clara, simples e tangível, partindo do pressuposto de que os alunos podem aprender com mais facilidade com uma ferramenta educacional mais próxima da realidade (CALLE et al., 2018). Uma ferramenta disponível é o Graphical Network Simulator-3 (GNS3), que é um software gratuito e permite a simulação de dispositivos virtuais e reais, podendo ser utilizado em topologias complexas, dando detalhes de parâmetros como delay, ping, jitter, entre outros (KARNA et al., 2019). É uma ferramenta gráfica que permite a simulação de redes complexas, fornecendo simulações precisas (ARAVIND & PADMAVATHI, 2015). O GNS3 é uma ferramenta que permite a utilização de um sistema operacional de redes nos equipamentos, emulando a infraestrutura e as suas funcionalidades, entretanto o usuário deve possuir as licenças para a sua utilização e o fato de não adquirir a licença se constitui crime de pirataria. Uma vantagem do GNS3 é que ele permite a utilização de sistemas operacionais de diversos fabricantes, possibilitando ao professor trabalhar com diferentes plataformas nas aulas práticas (Cisco, Juniper) e as funcionalidades utilizadas são reais, sendo possível configurações avançadas nas infraestruturas configuradas. Uma desvantagem na utilização dessa ferramenta é a necessidade do usuário ter um computador robusto para a execução e implementação de infraestruturas de redes, com uma quantidade recomendada de pelo menos 8 Gb de memória RAM e um processador i3 de 3.3 Ghz ou similar.

Outra ferramenta utilizada como suporte é o Packet Tracer, um simulador de redes de propriedade da Cisco Systems que permite a configuração de equipamentos de redes (roteadores, switches) disponibilizando ao usuário um ambiente de trabalho para as implementações das topologias na criação de cenários, permitindo que ocorra a experiência pedagógica e prática (SMITH & BLUCK, 2010). Este software tem como público-alvo os alunos que estão se preparando para a certificação Cisco Certified Network Associate (CCNA), da área básica de redes de computadores, oferecida pela CISCO Systems. Uma desvantagem é que o simulador permite somente a configuração de equipamentos desta fabricante, não possibilitando que o professor trabalhe com diferentes plataformas nos laboratórios práticos. Como esse software é uma abstração, ele não disponibiliza todas as



funcionalidades de um equipamento real, limitando assim as topologias para exemplos básicos. Os usuários devem estar cadastrados em um sistema externo para a sua utilização, e este sistema pode não estar disponível no futuro.

Com os problemas levantados na utilização dos simuladores existentes, foi idealizado o desenvolvimento de um ambiente virtual de aprendizado colaborativo voltado para a gerência de um laboratório de redes remoto que possa substituir a utilização dos softwares atuais, fornecendo acesso à equipamentos de redes de computadores reais instalados no LabRedes da UTFPR, campus Curitiba, de forma remota, por meio de acesso à Internet pública. O sistema teve como base uma aplicação Web e implementado utilizando software livre.

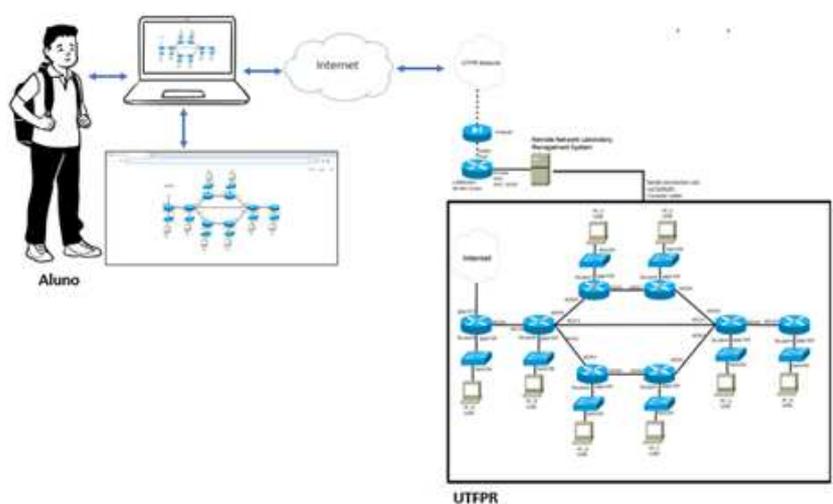
3. Metodologia

Estudo exploratório com abordagem do problema de forma predominantemente qualitativa, com o desenvolvimento de uma aplicação Web para gerenciar um ambiente colaborativo de ensino aprendizagem voltado para o ensino de redes de computadores para acesso remoto dos alunos dos cursos de Engenharia. O corpo de pesquisa foi composto por artigos levantados nas bases de conhecimento da Web of Science e do IEEE Xplore. A experimentação com as tecnologias consistiu na aplicação das tecnologias pesquisadas de forma sequencial, dando prioridade às partes essenciais para o desenvolvimento do software, que tem uma parte back-end para a conexão aos dispositivos e processamento de informações e uma parte front-end, para que os alunos consigam interagir com o sistema. As partes foram desenvolvidas separadamente, com prioridade para um back-end funcional, sendo este feito antes da interface. O sistema foi implementado com a utilização do Hypertext Preprocessor (PHP), que é uma tecnologia para o desenvolvimento de aplicações Web, open source e de uso geral, e a escolha se deu porque o Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment (MOODLE) a utiliza como base. O objetivo futuro é fazer uma integração do ambiente virtual desenvolvido com o MOODLE. O banco de dados utilizado foi o MySQL, que é um sistema de gerenciamento de banco de dados, que utiliza a linguagem SQL como interface. As categorias extraídas da análise foram: a análise da utilização de equipamentos nas disciplinas de redes de computadores em laboratório, o uso de software de simuladores de redes e por fim o desenvolvimento da nova ferramenta com a utilização de equipamentos por meio remoto em um sistema de gerência de laboratório de redes e a sua aplicação na pandemia.

4. Resultados e Discussões

O sistema foi idealizado para disponibilizar os equipamentos físicos alocados na UTFPR por meio de conexão à Internet pública permitindo ao aluno configurar os equipamentos de redes alocados fisicamente na universidade. Na figura 1 pode-se verificar o funcionamento do sistema de gerência de laboratório, onde o aluno deve acessar o sistema desenvolvido utilizando um navegador Web.

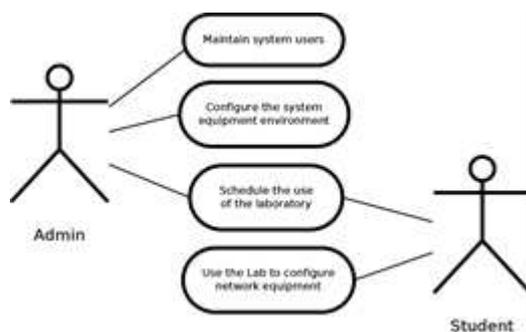
Figura 1 – Acesso externo ao sistema



Fonte: elaboração própria

O sistema tem uma agenda e controle de usuários, para que seja possível reservar os horários de utilização, evitando assim conflitos. Os atores principais são identificados por meio de um caso de uso, representado na figura, 2, com as suas respectivas funções.

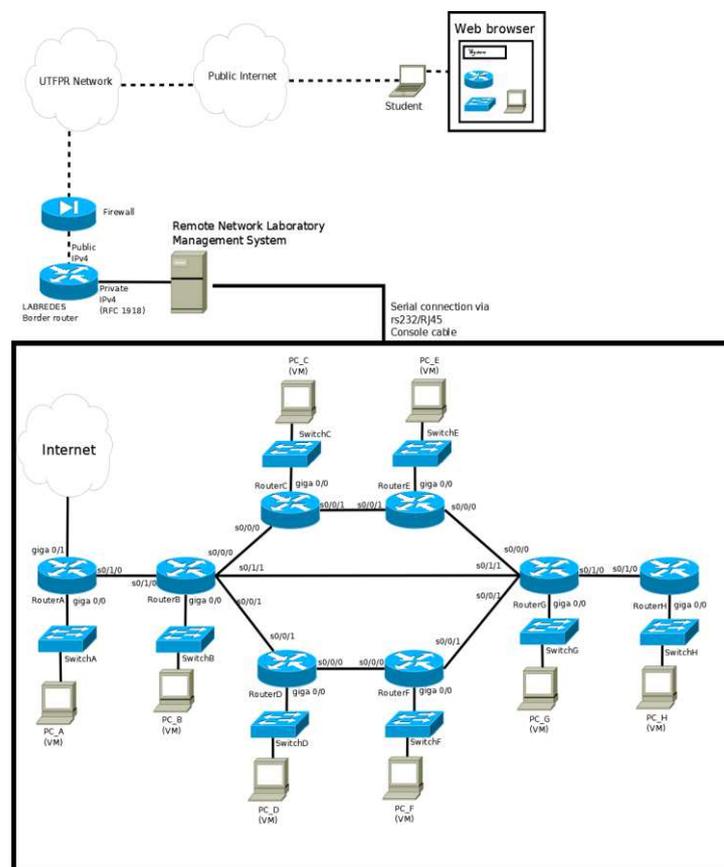
Figura 2 – Caso de uso: atores do sistema



Fonte: elaboração própria

O administrador do sistema tem a função de fazer a manutenção dos usuários, o gerenciamento da configuração dos equipamentos no ambiente (mapeamento/interligação dos equipamentos de redes) e as reservas de horários solicitadas pelos alunos para a utilização do sistema. O agendamento de horários pode ser feito diretamente pelo aluno, visando a não centralização na utilização do sistema pelo administrador. Com a reserva, o aluno pode utilizar a infraestrutura de equipamentos disponível, conforme a figura 3.

Figura 3 – Infraestrutura física



Fonte: elaboração própria

As interligações físicas (meios de transmissão) entre os equipamentos de redes são fixas, já realizadas pelo administrador do sistema. A reserva do sistema permite a escolha dos equipamentos que os alunos irão configurar, assim é possível separar a infraestrutura em grupos de alunos, fazendo com que cada um configure um kit de equipamentos ou agrupar todos os equipamentos para um único usuário. Os equipamentos de redes possuem sistemas operacionais (IOS) que permitem configurações básicas (IPv4/IPv6, RIP, OSPF, EIGRP) e avançadas (QoS, MPLS, VoIP). A infraestrutura tem conexão com a Internet Pública por meio

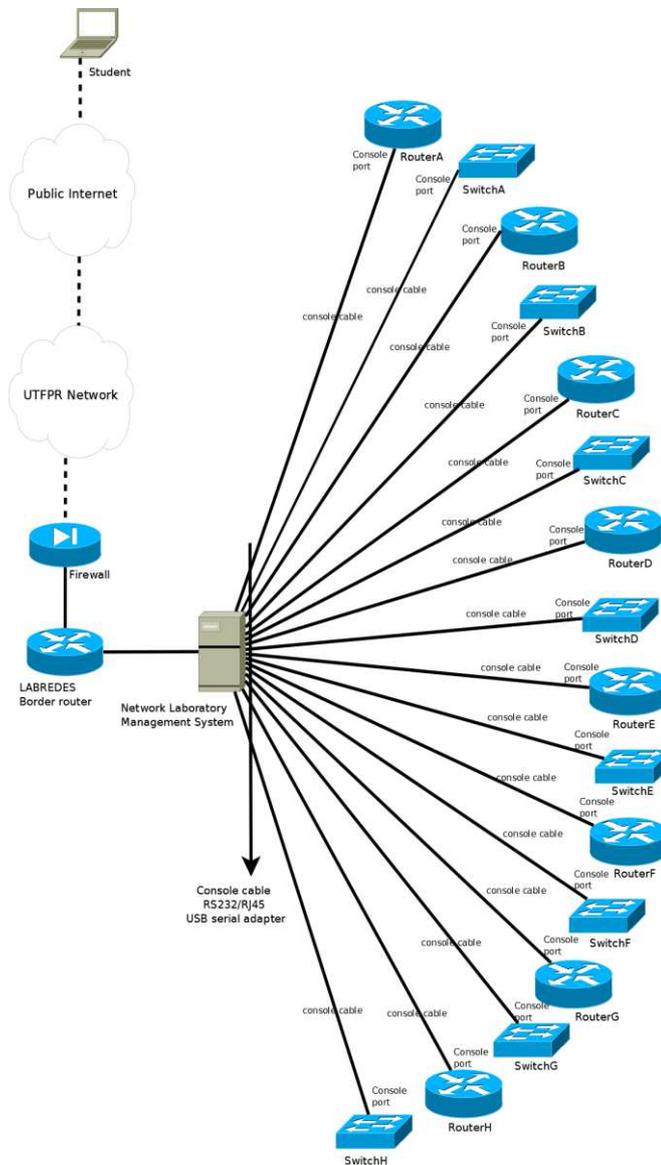


de um roteador de borda (RouterA), possibilitando testes de conectividade com redes externas. A topologia física tem redundância entre os roteadores em uma topologia onde se pode configurar e testar os protocolos de roteamento em um ambiente de falhas nos enlaces, para a verificação da convergência da rede. Os roteadores estão conectados por meio de enlaces seriais e as conexões entre os roteadores e os computadores são feitas por meio de cabo de par trançado (Cat5e) utilizando o padrão IEEE 802.3ab (Gigabit Ethernet). Os switches utilizados são gerenciáveis, de camada de enlace (L2) e de camada de rede (L3).

Conforme pode ser verificado na figura 3, o roteador de borda tem um endereço IPv4 público configurado com a Internet, enquanto a rede interna utiliza endereços da RFC 1918, com endereços privados, e uma sobrecarga de NAT (PAT) (REKHTER et al., 1996). Como um endereço IPv4 público pode ser alvo de ataques e invasões, foi configurado um firewall Cisco ASA na interface de saída deste roteador, com regras rígidas de controle de tráfego, para evitar problemas de segurança da rede externa para a infraestrutura interna da universidade.

Foi planejado uma interface de comunicação serial entre o servidor e os equipamentos de redes por meio de cabo console (RJ45/RS232-DB9) conforme pode ser visto na figura 4. Essa conexão permite um acesso direto a porta console dos equipamentos de redes, não sendo necessário a utilização de protocolos de acesso remoto como o SSH ou Telnet, por exemplo, que exigem a configuração de um endereço IPv4/IPv6 para a conexão. O servidor do sistema foi projetado para fazer uma interface entre o servidor Web e a conexão serial dos equipamentos, permitindo o acesso externo da infraestrutura de redes por meio de uma página Web no computador do aluno.

Figura 4 - Acesso serial – servidor / equipamentos de redes

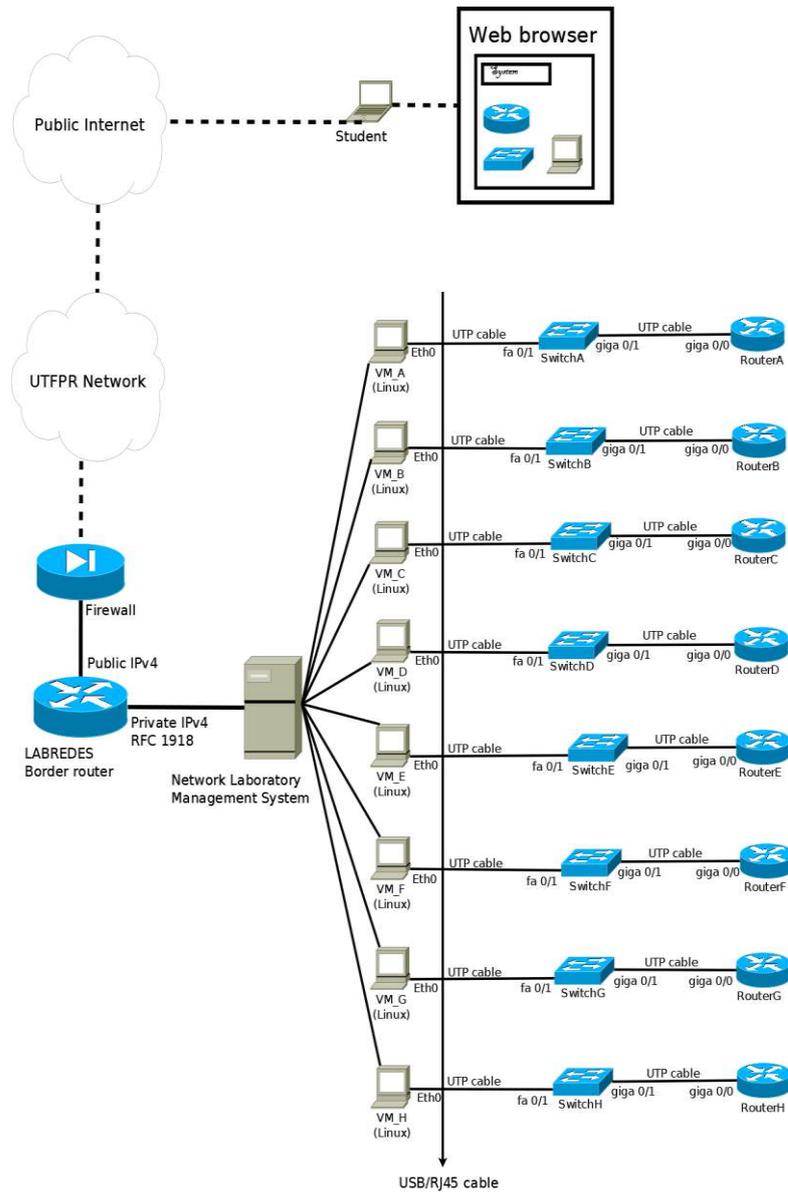


Fonte: elaboração própria

Os computadores pessoais utilizados na infraestrutura do sistema de gerência são máquinas virtuais inicializadas a partir do servidor central, disponibilizando o sistema operacional Linux Debian, que é software livre e disponibiliza ferramentas de redes que podem ser utilizadas nas práticas de laboratórios. A conexão entre o servidor do sistema de gerência de laboratório de redes remoto e as máquinas virtuais pode ser verificada na figura 5. Como os servidores atuais possuem um número limitado de interfaces de redes, optou-se por utilizar adaptadores USB/RJ45 para interligar o servidor, a máquina virtual e os switches.

Estes adaptadores serão conectados a hubs USB e ao servidor, e a conexão entre o adaptador e o switch é feito por meio de um cabo UTP Cat5e. O servidor inicializa a máquina virtual assim que o aluno solicitar, disponibilizando o sistema operacional para que se façam as configurações.

Figura 5 - Utilização das máquinas virtuais



Fonte: elaboração própria

Com o desenvolvimento do sistema proposto verificou-se que a disponibilização dos equipamentos físicos aos alunos por meio do servidor conectado à Internet pública foi útil no período de distanciamento social, pois foi possível implementar configurações avançadas de redes, como por exemplo Qualidade de Serviço (QoS) e MPLS, o que não é possível na



utilização de alguns simuladores. O sistema se mostrou funcional, de fácil manutenção e pode ser gerenciado por uma equipe para que se mantenha disponível para a utilização. O investimento na adaptação do laboratório existente para funcionar com o acesso remoto foi de baixo custo, visto que os equipamentos e as conexões entre os elementos da rede já existiam, sendo necessário a aquisição de um servidor de alto desempenho, com um processador Intel Xeon E-2324G e com 16 Gb de memória RAM para gerenciar todo o sistema. Uma vantagem na utilização do atual sistema foi a possibilidade da implementação de topologias de redes que utilizam equipamentos de diferentes fabricantes, permitindo uma maior abrangência e um aprendizado menos dependente de simuladores proprietários. Como ponto negativo, sempre que o aluno utiliza um sistema remoto, o processo pode ficar abstrato, faltando o elemento físico no aprendizado. Alguns alunos questionaram como era o formato dos equipamentos de redes, as suas interfaces, os meios de comunicação, conectores e adaptadores. O sistema serviu como ferramenta para que as aulas práticas tivessem uma continuidade, mas a aula presencial no laboratório de redes para a implementação das topologias tem um melhor efeito na aprendizagem do aluno.

5. Considerações finais

Neste artigo foi apresentado a implementação de um ambiente colaborativo de ensino aprendizagem para uso em um sistema de gerência de laboratório de redes para o suporte nas aulas das disciplinas de Redes de computadores utilizando uma infraestrutura de equipamentos de redes com roteadores/switches, em um ambiente físico real. Foi abordado também o distanciamento adotado pelas universidades federais brasileiras em razão da pandemia de COVID-19, forçando a aplicação do ERE e fazendo com que as disciplinas práticas sofressem alterações, sendo necessário a adoção de softwares simuladores/emuladores de redes, com funcionalidades limitadas e problemas de licenciamento de software/hardware. Como solução para esta mudança, pensou-se no desenvolvimento do sistema baseado em um ambiente Web com interface com os equipamentos físicos alocados no LabRedes da UTFPR e disponibilizando o acesso ao estudante por meio de um navegador Web via acesso à Internet pública. Esse sistema conta com o agendamento de horários para a utilização, evitando assim que configurações sejam sobrepostas por diferentes usuários. A utilização do sistema tem a vantagem de disponibilizar equipamentos reais, permitindo configurações mais avançadas sem que os alunos necessitem



comprar equipamentos ou licenças de software/hardware. O sistema de gerência de laboratório de redes remoto foi derivado de um projeto anterior do LabRedes da UTFPR, o Laboratório de Acesso Remoto (LAR), desenvolvido em 2012, que atualmente está desativado.

Como resultado final, foi possível verificar que o desenvolvimento do sistema atendeu aos requisitos e permitiu o acesso da infraestrutura física de redes por meio da Internet pública, levando assim o laboratório físico de redes para dentro da casa do aluno. O sistema foi útil como uma ferramenta de apoio para as aulas práticas de redes no período da pandemia de COVID-19, fazendo com que as aulas pudessem ser realizadas com toda a infraestrutura de hardware disponível. Atualmente o sistema está sendo utilizado como uma ferramenta adicional as aulas presenciais das disciplinas de redes de computadores na Engenharia.

REFERÊNCIAS

- ARAVIND, S.; PADMAVATHI, G. **Migration to Ipv6 From IPV4 by Dual Stack and Tunneling Techniques**. 2015 International Conference on Smart Technologies and Management for Computing, Communication, Controls, Energy and Materials (ICSTM), Vel Tech Rangarajan Dr. Sagunthala R&D Institute of Science and Technology, Chennai, T.N., India. 6 - 8 May 2015. pp.107-111.
- CALLE, M.A.; TOVAR, J.D.; CASTAÑO-PINO, Y.J.; CUÉLLAR, J.C. **Comparación de Parámetros para una Selección Apropriada de Herramientas de Simulación de Redes**. Información Tecnológica. Vol. 29(6), 253-266 (2018). <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000600253>.
- CAN, I.; SILMAN-KARANFIL, L. **Insights into emergency remote teaching in EFL**. ELT Journal Volume 76/1 January 2022; <https://doi.org/10.1093/elt/ccab073>.
- CHUAH, K.M.; MOHAMAD, F.S. **Emergency Remote Teaching Scenarios, Struggles and Soundboxes: A Case Study on Malaysian Teachers**. Interaction Design and Architecture(s) Journal - IxD&A, N.46, 2020, pp. 13 - 28.
- KARNA, H.; BAGGAN, V.; SAHOO, A.K.; SARANGI, P.K. **Performance Analysis of Interior Gateway Protocols (IGPs) using GNS-3**. Proceedings of the SMART-2019, IEEE Conference ID: 46866 8th International Conference on System Modeling & Advancement in Research Trends, 22nd-23rd November, 2019 College of Computing Sciences & Information Technology, Teerthanker Mahaveer University, Moradabad, India.
- KIPPER, B.S.F. MARASCHIN, D.A. NASCIMENTO, K. PADILHA, C.E. PRIMO, T.T. MATTOS, J.C.B. **ReaCloud: A proposal for the dissemination of open educational resources supported by Semantic Web Technologies**. XVI Latin American Conference on Learning Technologies (LACLO). 2021.
- MARTIN, C.S.; HARBOUR, K.; POLLY, D. **Examining How Emergency Remote Teaching Influenced Mathematics Teaching**. TechTrends (2022) 66:338-350. <https://doi.org/10.1007/s11528-022-00711-2>.
- PRVAN, M.; OŽEGOVIĆ, J. 2020. **Methods in Teaching Computer Networks: A Literature Review**. ACM Trans. Comput. Educ. 20, 3, Article 19 (June 2020), 35 pages. <https://doi.org/10.1145/3394963>.
- REKHTER, Y., MOSKOWITZ, B., KARRENBERG, D., e G. de Groot, **RFC 1918: Address Allocation for Private Internets**. 1996. Disponível em <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc1918>. Acesso em 10/01/2023.



RODRIGUES, C.; COSTA, J.M.; MORO, S. **Assessment Patterns during Portuguese Emergency Remote Teaching.** Sustainability 2022, 14, 3131. <https://doi.org/10.3390/su14053131>.

SMITH, A.; BLUCK, C. **Multiuser Collaborative Practical Learning using Packet Tracer.** 2010 IEEE Computer Society. Sixth International Conference on Networking and Services. 978-0-7695-3969-0/10. 2010 IEEE DOI 10.1109/ICNS.2010.56.

TSOCHEV, G. **Research on Web Applications for Remote Laboratory Exercises on Computer Networks.** Proceedings of the 2021 International Conference on Information Technologies (InfoTech-2021), IEEE Conference, Rec # 52438 16-17 September 2021, St. St. Constantine and Elena, Bulgaria.

VIJAYALAKSHMI M., PADMASHREE DESAI, MEENAXI M. RAIKAR. **Packet Tracer Simulation Tool as Pedagogy to Enhance Learning of Computer Network Concepts.** 2016 IEEE 4th International Conference on MOOCs, Innovation and Technology in Education. 978-1-5090-1062-2 © 2016 IEEE DOI 10.1109/MITE.2016.16.

VIRGILI, M.E.T. **Emergency Remote Teaching: ICT applied to education during confinement by Covid-19.** Innoeduca. International Journal of Technology and Educational Innovation Vol. 7. No. 1. Junio 2021 - pp. 122 - 136 - ISSN-e: 2444-2925 DOI: <https://doi.org/10.24310/innoeduca.2021.v7i1.9079>.