

UNIVERSIDADE FUMEC  
MESTRADO PROFISSIONAL EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO  
E GESTÃO DO CONHECIMENTO

USO DE SIMULADORES COMO FERRAMENTA NO ENSINO-  
APRENDIZAGEM DE REDES DE COMPUTADORES

**Área de concentração**

GESTÃO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E DO  
CONHECIMENTO

**Linha de pesquisa**

GESTÃO DA INFORMAÇÃO E DO CONHECIMENTO

WALTER DOS SANTOS

WALTER DOS SANTOS

USO DE SIMULADORES COMO FERRAMENTA NO ENSINO-  
APRENDIZAGEM DE REDES DE COMPUTADORES

Projeto de pesquisa apresentado à  
UNIVERSIDADE FUMEC como requisito  
parcial, na disciplina de Projeto de  
Dissertação, para obtenção do título de Mestre  
em Sistemas de Informação e Gestão do  
Conhecimento.

Área de concentração: Gestão de Sistemas de  
Informação e do Conhecimento.

Linha de pesquisa: Gestão da Informação e do  
Conhecimento

Prof. Orientador (a): Ana Maria Pereira  
Cardoso

## RESUMO

Na chamada era da informação, os olhares estão voltados para as inovações em todos os setores da sociedade. Na educação existe a necessidade de inovar os processos de ensino, com o objetivo de promover alterações para estimular e desenvolver novas formas de ensino-aprendizagem, visando motivar o aluno na construção do conhecimento. Em relação ao ensino-aprendizagem de redes de computadores o processo também depende de infraestrutura de laboratórios que proporcione ao aluno aulas práticas que o permitam vivenciar experiências bem próximas da realidade de sua futura atuação profissional. O problema é que as instituições de ensino não tem como disponibilizar toda infraestrutura de laboratórios capaz de atender essa demanda. Sendo assim, a alternativa mais viável está na utilização de ferramentas de simulação, tendo em vista que os softwares simuladores atuais estão cada vez mais reproduzindo a realidade. Com base nesse contexto, o objetivo desse projeto é identificar as contribuições, inclusive aspectos motivacionais, de ferramentas de simulação no processo de ensino e aprendizagem de redes de computadores. Para atingir o objetivo foi feito um estudo baseado em trabalhos relacionados e em seguida um comparativo entre os simuladores selecionados para a escolha do simulador utilizado como objeto da pesquisa. Para validar a escolha, foi realizado um *checklist* de usabilidade. A partir da definição do simulador, será feito um estudo de caso de uma IES, que está implantando um novo modelo de ensino, no qual serão identificadas as possíveis contribuições do simulador relacionadas aos objetivos da pesquisa. O processo será feito com base na elaboração de aulas modelo e serão aplicados questionários, para alunos e professores, visando identificar a percepção dos mesmos em relação ao uso da ferramenta no ensino e aprendizagem de redes de computadores. O resultado esperado poderá ser utilizado em outras instituições de ensino, servindo de modelo de boas práticas no ensino-aprendizagem de redes de computadores.

**Palavras-chave:** Simulador. Usabilidade. Redes Computadores. Laboratórios virtuais. Realidade Virtual.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Gasto de TI no Brasil.....	6
Figura 2: Ferramenta de simulação Cisco Packet Tracer .....	17
Figura 3: Ferramenta de simulação EstiNet .....	18
Figura 4: Ferramenta de simulação GNS3 .....	19
Figura 5: Ferramenta de simulação NetKit .....	21
Figura 6: Resultado Simulação Rede Sensores sem Fio no NS2 .....	22
Figura 8: Relação entre temas propostos e ferramentas (Voss et. al. ,2012).....	23
Figura 9: Ambiente proposto para ensino de roteamento estático (Barbosa et. al., 2012). .....	25

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	5
2	O PROBLEMA .....	6
3	OBJETIVOS .....	7
3.1	Objetivo geral .....	7
3.2	Objetivos específicos .....	7
4	JUSTIFICATIVA.....	8
5	ADERÊNCIA AO PROGRAMA .....	11
6	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	12
6.2	Desafios no ensino de Redes de Computadores .....	12
6.3	Realidade virtual na educação .....	14
6.4	Novo Modelo de Ensino .....	15
6.5	Simuladores de Redes de computadores .....	15
6.4.1	O simulador Cisco Packet Tracer.....	15
6.4.2	EstiNet .....	17
6.4.3	GNS3 (Graphical Network Simulator).....	19
6.4.4	NetKit.....	20
6.4.5	NS2 – Network Simulator.....	21
6.5	Trabalhos relacionados .....	22
7	METODOLOGIA .....	25
8	RESULTADOS ESPERADOS .....	29
9	CRONOGRAMA .....	29
10	REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO .....	30
11	APÊNDICE .....	33
11.1	Apêndice A – Questionário de avaliação do simulador proposto para os alunos.....	33
11.2	Apêndice B – Questionário de avaliação do simulador proposto para os professores .....	34
12	ANEXOS.....	35
12.1	Anexo 1 – Critérios de usabilidade do ErgoList .....	35

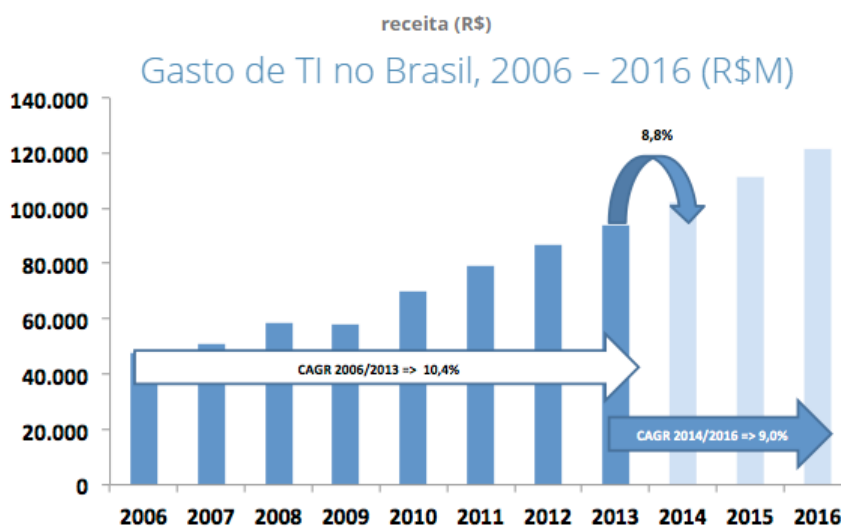
## 1 INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica foi responsável por grandes mudanças na economia e consequentemente na vida das pessoas. No século XXI é perceptível a presença do “computador” embarcado em quase tudo, inclusive a dependência que o mesmo exerce sobre as pessoas. Vale ressaltar que no final da década de 80, o pesquisador Mark Weiser (1992) previu uma grande evolução da Tecnologia da Informação (TI) e defendeu a ideia de que a computação iria se tornar onipresente com a evolução dos componentes eletrônicos, máquinas, redes de telecomunicações, entre outras, na qual o “Computador Pessoal” (PC) seria apenas um passo de transição para atingir o verdadeiro potencial da TI. Com base na sua visão, Weiser (1992) propôs um modelo chamado de Computação Ubíqua, no seu artigo intitulado de “O Computador no Século 21”, no qual afirmava que os computadores iriam ficar invisíveis aos olhos humanos, porém estariam presentes em tudo, embutidos em etiquetas, roupas, móveis, automóveis, eletrodomésticos, entre outros. Ele também afirmava que as pessoas estariam totalmente integradas a computação a ponto de utilizarem uma variedade de recursos de forma inconsciente e dependente. Diante da visão do pesquisador é interessante ressaltar que, numa época em que o acesso à tecnologia era muito restrito, Weiser já vislumbrava algo inovador, conhecido atualmente como “Internet das Coisas” (IoT), que vem se concretizando no século XXI. O certo é que inserção social dessas novas tecnologias tem ocorrido com a mesma velocidade e intensidade com são incorporadas e, substituídas por outras mais novas e mais poderosas, tornando as pessoas cada vez mais dependentes da tecnologia.

Diante dessa projeção, a inovação e a gestão do conhecimento assumiram posição de destaque dentro das organizações, sendo vistas como estratégias para que a organização possa garantir sua efetiva participação no mercado, tendo em vista um ambiente de negócios cada vez mais competitivo. Baseado nesse contexto, o papel da educação é fundamental na formação de profissionais mais qualificados, com as novas competências que atendam as necessidades do mercado. Entretanto, para formar profissionais com um perfil mais adequado é necessário inovar a maneira de ensinar, visto que os alunos da geração atual, também conhecida como geração Y, são mais dinâmicos e com um déficit de atenção considerável, por isto não se adaptam muito bem a métodos tradicionais de ensino. É uma geração que está sempre “antenada”, conectada a internet e utiliza os mais diversos e sofisticados dispositivos de

comunicação. Sendo assim, pode-se afirmar que o mais coerente é integrar nas atividades práticas o mundo tecnológico em que vive os alunos das novas gerações.

É interessante ressaltar que a evolução da tecnológica acabou com as distâncias e conectando pessoas do mundo todo. As redes, que antes eram restritas aos ambientes empresariais, tomaram conta também das residências, deixando o usuário cada vez mais dependente da tecnologia. Toda esta conectividade vem sendo responsável por um aumento significativo em investimentos no setor de TI. Em pesquisa realizada pelo *International Data Corporation* (IDC), os investimentos brasileiros no setor de TI vêm registrando forte crescimento, seguindo a mesma tendência para os próximos anos (Figura 1). Com base neste cenário, existe uma previsão de crescimento muito significativo na demanda de profissionais mais qualificados da área de TI, são novas oportunidades de emprego nos mais diversos setores da sociedade, exigindo profissionais que possuem novas competências e com capacidade técnica de resolver problemas e tomar decisões.



**Figura 1:** Gasto de TI no Brasil  
**Fonte:** IDC – Black Book Q313

## 2 O PROBLEMA

De acordo com o cenário em questão, sabe-se que a evolução tecnológica é muito dinâmica e consequentemente as organizações empresariais têm que fazer regularmente investimentos na área de TI, de forma que tenha ferramentas eficientes que possam contribuir nos processos de tomada de decisão e assim manter sua participação no mercado. Entretanto, para as

instituições de ensino os investimentos teriam que ser mais amplos, ou seja, os investimentos teriam que contemplar diversas áreas da TI, tendo em vista a responsabilidade de formar profissionais qualificados e atualizados de acordo com as novas competências exigidas pelo mercado. Dessa forma, o ensino de redes de computadores é um grande desafio devido ao alto custo dos equipamentos de redes (Concentradores, Roteadores, Firewall, etc.) e até mesmo em relação a espaço físico, tornando inviável manter os laboratórios compatíveis com a realidade do mercado. Outro aspecto que deve ser levado em consideração, segundo Sarkar (2006), é a dificuldade de motivar o aluno no aprendizado de redes de computadores baseado só em teorias, pois os livros e artigos podem fornecer uma boa base teórica, porém o aluno precisa comprovar na prática o conteúdo teórico, de forma que a aula fique mais interativa e o ensino menos complexo e cansativo. Sem a possibilidade de experimentação, muitos dos conceitos aprendidos em sala de aula acabam se perdendo na memória do aluno. Sendo assim, o autor orienta o uso de ferramentas que possibilitem a prática para o ensino e aprendizagem de redes de computadores. Com base no cenário apresentado, o problema desse projeto de pesquisa é o seguinte: Quais as contribuições do uso de softwares simuladores de redes, como estratégias no processo de ensino-aprendizagem do conteúdo de Redes de Computadores?

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo geral**

Identificar as contribuições do uso de softwares simuladores de redes, como estratégias no processo de ensino-aprendizagem do conteúdo de Redes de Computadores.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- a) Identificar entre as ferramentas, a mais indicada para o processo de ensino de Redes de Computadores;
- b) Validar a ferramenta escolhida com base no *checklist* de usabilidade, utilizando o instrumento ErgoList.
- c) Identificar a percepção de professores em relação ao uso da ferramenta no ensino de redes de computadores.



- d) Identificar a percepção de alunos em relação ao uso da ferramenta na aprendizagem sobre redes de computadores.
- e) Listar as contribuições da ferramenta no ensino de Redes de Computadores e fatores que contribuem na aprendizagem sobre redes de computadores;
- f) Listar as contribuições da ferramenta para instituições de ensino.

#### **4 JUSTIFICATIVA**

O tema da pesquisa justifica-se, tendo em vista os desafios enfrentados pelas instituições de ensino para atender as demandas relacionadas ao ensino de Redes de Computadores. Dentre os principais desafios, o tema da pesquisa visa contemplar a melhoria da qualidade do ensino, identificando contribuições no uso de ferramentas de simulação para processo ensino-aprendizagem no novo modelo de ensino, com o objetivo de atender a demanda das novas gerações na aprendizagem de redes de computadores.

Segundo Filippetti (2008), os custos para se construir e manter um laboratório de redes de computadores que possibilite a aplicação e experimentação das teorias vistas em sala de aula, para algumas instituições de ensino, são muitas vezes elevados, o que acaba por penalizar um grande número de estudantes, pois nem todas as instituições tem como fazer tamanho investimento. Dessa forma, muitos dos cursos oferecidos não abordam adequadamente o aspecto prático do assunto, pela simples inexistência de uma infraestrutura apropriada. Também segundo Filippetti (2008), cada vez mais, as instituições de ensino encontram-se pressionadas a incorporar ferramentas tecnológicas como meio para enriquecer o conteúdo de seus cursos e proporcionar uma experiência diferenciada aos seus alunos.

Em relação ao novo modelo de ensino, do estudo de caso da IES em questão, tem como objetivo unificar o conteúdo aplicado em todas as suas unidades de ensino, visando oferecer um ensino de qualidade e melhorar a empregabilidade do aluno. O novo modelo vai ao encontro à necessidade de atender as novas demandas relacionadas ao ensino-aprendizagem dos alunos pertencentes às novas gerações, recorrendo ao uso de tecnologias para apoiar o aluno na construção do próprio conhecimento. É um modelo centrado no aluno, no qual a tecnologia é utilizada para inverter o papel tradicional do tempo de aula e os alunos são expostos a conceitos fora da sala de aula. É importante ressaltar que os alunos não aprendem a partir da tecnologia, mas o apoio delas é essencial para estimular e facilitar o aprendizado. Em

países da Europa, este modelo de ensino, também conhecido como *flipped classroom*, vem ganhando força junto a diversas instituições de ensino, onde tem crescido de forma exponencial devido ao avanço tecnológico da web e das mídias digitais. Segundo Teixeira (2013), neste método de ensino-aprendizagem, os alunos assistem à exposição oral de conteúdos através de vídeos ou *vodcasts*<sup>1</sup> fora da sala de aula (como trabalho de casa), preparando-se, desta forma, para as atividades a desenvolver em espaço de sala de aula, isto é, colocando em prática o que aprenderam através da resolução de exercícios e desenvolvimento de projetos, privilegiando-se a estratégia de trabalho colaborativo.

Diante desta realidade, espera-se que ferramentas como os simuladores de redes possam ser usados na elaboração de aulas modelo e assim, contribuir para a melhoria do processo de ensino-aprendizagem de redes de computadores.

Ainda, em relação ao novo modelo de ensino, sabe-se que todo processo exige mudanças e adaptações constantes para acompanhar a evolução tecnológica e é dever da instituição de ensino proporcionar ao aluno melhores condições para construir seu conhecimento, baseado em informações atuais. O aluno está cada vez mais exigente, sua ansiedade por experiências mais práticas é perceptível e em termos de aprendizagem profissional, ele espera construir um conhecimento compatível com sua futura área de atuação. Para atender essa demanda, as instituições de ensino precisam direcionar boa parte dos investimentos em infraestrutura física de laboratórios.

De acordo com o Catálogo Nacional de Cursos Superiores de Tecnologia, o Ministério da Educação (MEC) recomenda uma infraestrutura mínima para os laboratórios, devendo os mesmos ser bem equipados tecnologicamente para proporcionar ao aluno experiências práticas que possam atender suas expectativas. Com base nas recomendações, é importante lembrar que o Catálogo Nacional de Cursos Superiores de Tecnologia é a base para o Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (Enade) e ainda para os processos de regulação e supervisão da educação tecnológica, ou seja, as instituições são avaliadas constantemente de acordo com diretrizes nacionais, visando à qualidade da educação.

---

<sup>1</sup> **Vodcast** é um método de distribuição de vídeos pela Internet ou por uma rede de computadores que utiliza as ferramentas desenvolvidas no podcast para criar uma lista de vídeos em forma de streaming e que se atualiza automaticamente, conforme novos vídeos são inseridos em uma página da internet. Disponível em: < <https://pt.wikipedia.org/wiki/Vodcast>>. Acesso em: 23 outubro 2015.

Para o ensino de Redes de Computadores, o MEC recomenda um mínimo de quatro laboratórios voltados para o desenvolvimento de atividades práticas, sendo um laboratório de Arquitetura de Computadores, um de Infraestrutura, um de Rede de Computadores e um de Informática com programas específicos e conectados à internet. Mas é claro que o mínimo recomendado não é suficiente para atender as demandas do ensino de redes de computadores. Sendo assim, cabe às instituições buscar novas alternativas metodológicas de ensino e aprendizagem que permitam aos alunos estar em contato com situações concretas e atividades práticas a serem vivenciadas no exercício da profissão. Dessa forma, segundo Fillipetti (2008), cada vez mais, as instituições de ensino encontram-se pressionadas a incorporar ferramentas tecnológicas como meio para enriquecer o conteúdo de seus cursos e proporcionar uma experiência diferenciada aos seus alunos. Conforme Dutra (2002), as instituições de ensino devem optar por alternativas centradas no aluno, tendo por objetivo a preparação de profissionais que possuam, além do conhecimento técnico em redes, a habilidade de aplicar estes conhecimentos em problemas reais e buscar o aperfeiçoamento por meio da aprendizagem e do trabalho colaborativo.

O uso de simuladores no ensino-aprendizagem tem sido objeto de pesquisa de vários pesquisadores como alternativa de melhoria no processo de ensino-aprendizagem, aplicados a uma série de cursos de formação profissional. Segundo Mercado (2002, p. 131) o software educativo, no caso em questão o simulador, “pode contribuir para auxiliar os professores na sua tarefa de transmitir o conhecimento e adquirir uma nova maneira de ensinar cada vez mais criativa, dinâmica, auxiliando novas descobertas, investigações e levando sempre em conta o diálogo”. Tendo em vista que os simuladores estão cada vez mais reproduzindo a realidade, para o aluno isto pode favorecer, motivando sua aprendizagem e proporcionando mais possibilidades de estar em contato com novas tecnologias. E o mais interessante é que, diante de tantas opções de simuladores, o próprio usuário já está acostumado visualizar resultados mesmo antes da implementação real, ou seja, o perfil da geração atual já tem certa familiaridade com este tipo de software, o que contribui na sua aprendizagem apoiada por simuladores.

A proposta de uso de ferramentas de simulação, como suporte ao ensino e aprendizagem, dispensa o investimento em grandes laboratórios tecnologicamente equipados, proporcionando uma enorme redução de custos e inovações significativas na maneira de ensinar. É interessante destacar, que os simuladores propostos são na sua maioria softwares

gratuitos que propõem a virtualização da realidade, trazendo respostas cada vez mais reais, proporcionando mais aprendizado, flexibilidade e principalmente mais acesso de pessoas ao conhecimento. O uso de simulador, no ensino de redes de computadores, pode complementar o currículo, permitindo aos professores ensinar e demonstrar conceitos técnicos e sistemas de redes complexas com muita facilidade. Vale ainda destacar que o ambiente de aprendizagem, baseado em bons simuladores, ajuda os alunos a desenvolver suas habilidades técnicas e resolução de problemas, tendo em vista a possibilidade de o aluno visualizar, de forma detalhada, o comportamento de uma rede de computadores em funcionamento.

Com a possibilidade de emulação de um ambiente computacional, baseado em simuladores gratuitos, tendo em vista o alto custo de implementação e manutenção de laboratórios reais, a virtualização é considerada a alternativa mais viável a ser adotada no ambiente educacional (Davoli, 2004). As instituições de ensino ainda têm a possibilidade de utilizar um laboratório de informática padrão, com softwares específicos e conectados a internet, para diferentes cursos, visto que os computadores podem ser configurados e reconfigurados para implementação de vários ambientes virtuais, proporcionando um ambiente totalmente dinâmico.

Quando o assunto é simulador, sabe-se que existe uma variedade deles. Desde jogos até simulações mais complexas, voltadas para as mais diversas áreas do conhecimento. Dentre as diversas opções de simuladores existentes na área de redes de computadores, esse projeto de pesquisa se limita a focar em cinco ferramentas de simulação, baseadas no referencial teórico e que possuem características distintas. O Cisco Packet Tracer, NS2, Netkit, GNS3 e o EstiNet.

## **5 ADERÊNCIA AO PROGRAMA**

Com base no objetivo do Programa de Pós-graduação *Strictu Sensu* em Sistemas de Informação e Gestão do Conhecimento (PPGSIGC), da Universidade FUMEC, a pesquisa está alinhada com a área de concentração de Gestão de Sistemas de Informação e do Conhecimento, tendo em vista sua aplicação profissional no campo de Sistemas de Informação, além de sua contribuição na área acadêmica de forma interdisciplinar. Visando atender os interesses acadêmicos e profissionais, a pesquisa irá contribuir na formação

profissional baseada no uso de softwares de simulação de Redes de computadores, evidenciando sua concentração na área de Sistemas de Informação e do Conhecimento e sua interdisciplinaridade com a área de ensino, contribuindo com melhorias no processo de ensino-aprendizagem de redes de computadores.

## **6 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Esse projeto é baseado em pesquisa bibliográfica e exploratória, com objetivo de identificar, em trabalhos já publicados na área, propostas que apresentam alternativas de suporte ao ensino e aprendizagem profissional em redes de computadores, utilizando softwares simuladores de redes.

Para Sanches (2008), o avanço tecnológico tem influenciado muito nossa vida, ditando modos e comportamentos, criando inovações e conhecimentos diversos e aguçando nossa curiosidade. Tendo em vista a influência natural do avanço tecnológico, é pertinente colocar o aluno frente-a-frente com as tecnologias que vão lhe proporcionar mais conhecimento e ao mesmo tempo despertar a sua criatividade sem a necessidade de grandes investimentos. A seguir o projeto apresenta um referencial sobre os desafios no ensino de redes de computadores, em seguida um referencial sobre realidade virtual na educação, uma descrição sucinta dos simuladores escolhidos como objetos da pesquisa e trabalhos relacionados.

### **6.2 Desafios no ensino de Redes de Computadores**

Com base na Portaria Inep nº 240, de 02 de junho de 2014, o ensino de redes de computadores tem como objetivo formar profissionais com o seguinte perfil:

- Profissionais tecnicamente capacitados e especializados na elaboração e implantação de projetos lógicos e físicos de redes de computadores locais e de longa distância;
- Profissionais com conhecimentos também voltados para o gerenciamento, manutenção e segurança de redes de computadores;
- Profissional empreendedor, capaz de identificar novas oportunidades de negócio na área de redes de computadores, de forma sustentável;
- Profissional cujas ações são pautadas na ética e na responsabilidade social;
- Profissional que busca sempre estar com os conhecimentos técnicos atualizados.

Depois de formado, o profissional, vai encontrar um campo muito amplo de atuação, podendo ingressar naquele que for mais compatível com as suas expectativas. Com base nesses objetivos, um grande desafio para as instituições de ensino é proporcionar ao aluno uma aprendizagem que lhe permita adquirir novas competências e habilidades em função do perfil exigido pelo mercado e em conformidade com a Portaria Inep de nº 240. Entretanto, existe a necessidade de inovar o modelo de ensino-aprendizagem para contemplar as novas gerações de alunos que possuem um perfil incompatível com o modelo tradicional de ensino, para que se consiga realmente atingir esses objetivos.

O ensino de redes de computadores já é um desafio, devido à quantidade de disciplinas que envolvem um número significativo de conceitos puramente técnicos. Dessa forma, o professor pode introduzir os conceitos por meio do ensino teórico, mas depende da aplicação prática desses conceitos para consolidar o aprendizado. O problema é que, na maioria das vezes, se depara com a ausência de laboratórios físicos para complementar a teoria. No ensino de redes de computadores, a ausência de laboratórios físicos devidamente equipados se deve ao alto custo e a taxa elevada de obsolescência de equipamentos como switches, roteadores, servidores, entre outros, indispensáveis para o ensino de redes de computadores.

Segundo Pinheiro et. al. (2009), é possível trabalhar com ambientes tecnologicamente equipados, com o melhor do mercado, desde que a instituição possa investir uma boa quantia financeira. Também, é importante lembrar que mesmo existindo a disponibilidade de um conjunto de equipamentos, somente um pequeno grupo de alunos por vez pode realizar a atividade prática, já que tais equipamentos oferecem, tipicamente, a possibilidade de serem gerenciados por um ou dois administradores e não foram projetados para gerenciamento concorrente. Também não se pode esquecer que os laboratórios físicos não permitem grande flexibilidade de configurações para contemplar um maior número de disciplinas. Sendo assim, Voss et. al. (2013) reafirma que a utilização de um laboratório real de ensino pode ser muito onerosa, pois envolve investimento em infraestrutura, funcionários (e.g., professores, monitores/tutores de laboratório, etc.), entre outras restrições como limite de horários, disponibilidade de espaços físicos (i.e., para comportar um número maior de alunos/turmas).

Segundo Fillipetti (2008), apenas grandes centros educacionais dispõem de verba suficiente para arcar com a construção de um laboratório físico de redes de computadores que suporte a

aplicação de grande parte das teorias vistas em salas de aula, mas ainda assim, não conseguem atender os alunos em sua totalidade devido à limitação de tempo para utilização da infraestrutura. Com base nesse contexto, é possível evidenciar que o ensino e aprendizagem ficam prejudicados diante das restrições impostas pela forma tradicional de ensinar, caso a instituição de ensino não busque alternativas para contemplar boa parte do ensino prático necessário.

### **6.3 Realidade virtual na educação**

A utilização das tecnologias na educação está cada vez mais presente, visto que traz incentivos para o desenvolvimento e aperfeiçoamento das mais diversas áreas do conhecimento. O computador tornou-se um instrumento indispensável na educação, tendo em vista que, por meio da Realidade Virtual, torna-se possível a construção de jogos e ambientes virtuais que podem ser utilizados como ferramenta para complementar o aprendizado. A utilização de animações, interação com simulações em ambientes virtuais e jogos despertam o interesse do aluno para aprender o conteúdo.

Segundo Psocka (2013), a inserção dos alunos no mundo virtual pode apresentar novas maneiras de construir o conhecimento e tornar possível que a educação acompanhe a evolução tecnológica existente. O autor também faz uma abordagem sobre a barreira curricular existente, que não se adapta totalmente a novas maneiras de construir o conhecimento até que se comprovem com resultados satisfatórios a eficácia deste tipo de método. O resultado de estudos com a utilização de ambientes virtuais combinados com ambientes reais oferece um suporte educacional que contribui para melhor aprendizagem e absorção de conteúdos didáticos por abordar uma maneira diferenciada de ensino.

O uso de ambientes virtuais é crescente e tem trazido muitas contribuições para diversas áreas do conhecimento, como por exemplo, medicina, ciência da computação, engenharia, educação, entre outras. Segundo Piteira & Haddad (2011), algumas disciplinas, da área de computação, apresentam altas taxas de abandono e retenção do aluno, causadas pela dificuldade em compreender conceitos abstratos pelo método de ensino tradicional, que são baseados em aulas expositivas sem interações entre os alunos, gerando baixa motivação e, conseqüentemente, a falta de interesse em aprender.

Com o desenvolvimento da realidade virtual voltada para a educação, o aprendizado passou a contar com ferramentas tecnológicas inovadoras que contribuem para um melhor entendimento e compreensão perante assuntos diversos. Um exemplo dessas ferramentas é o uso de simuladores, que recriam um ambiente que seja equivalente ao modelo real, permitindo interações e execuções de passos baseados no real.

## **6.4 Novo Modelo de Ensino**

O perfil do aluno mudou muito nos últimos anos, a nova geração é mais dinâmica e com um perfil bem incompatível com a sala de aula tradicional. Esse novo aluno já nasceu em meio a uma parafernália tecnológica, que o tornou muito dependente da tecnologia. Com base neste novo perfil, surgiu a ideia da sala de aula invertida, em que se inverte a lógica da organização da sala de aula. A ideia é fazer com que o aluno tenha contato com o conteúdo que seria exposto na sala de aula em sua própria casa, por meio de vídeos, animações, entre outros. Dessa forma, o professor pode utilizar o tempo na classe para aplicação simulada do conteúdo e tirar as dúvidas do aluno. Com essa metodologia é possível fazer uma avaliação de aprendizagem baseada no que o aluno realmente aprendeu e não o que ele decorou. Na sala de aula, os professores poderão criar situações de aprendizagem em que os estudantes possam aprender fazendo, baseando-se no conteúdo que assistiram em casa. É importante lembrar que o método da sala de aula invertida permite uma maior interação entre colegas e professores, o que ajuda a melhorar a compreensão e o desenvolvimento de novos conhecimentos.

## **6.5 Simuladores de Redes de computadores**

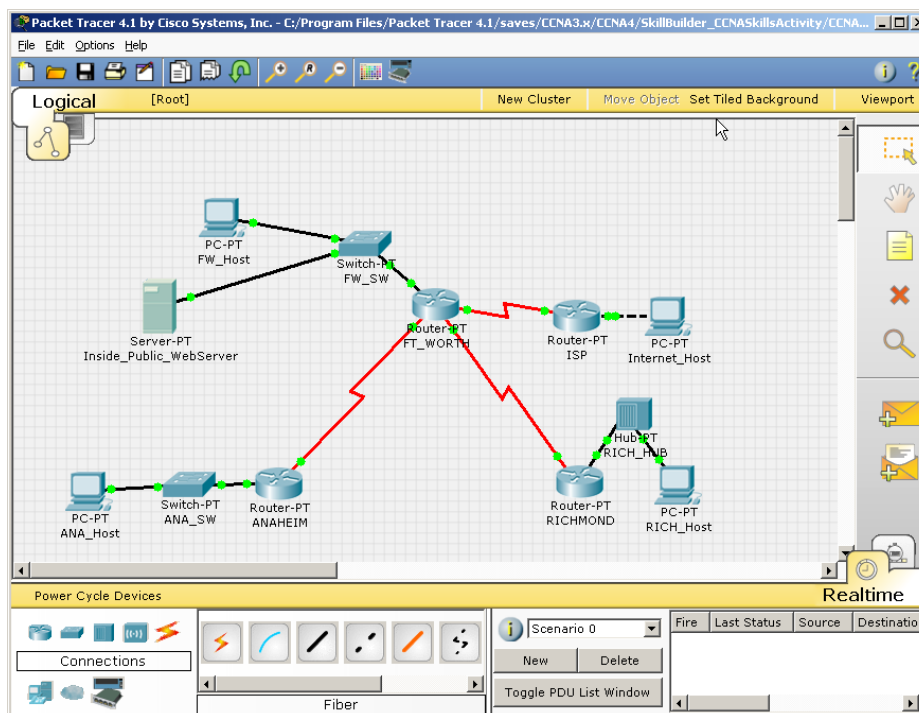
### **6.4.1 O simulador Cisco Packet Tracer**

*Cisco Packet Tracer Student* foi desenvolvido pela empresa *Cisco Systems, Inc.* Atualmente a versão mais popular do simulador *Cisco Packet Tracer*, versão para estudante, é 6.1.1. Plataforma que roda em sistemas operacionais plataforma Microsoft Windows, do tipo *desktop*. É um software desenvolvido com fins acadêmicos para modelar, simular, e testar ambientes de redes de computadores. Para tanto, esta ferramenta dispõe de vários dispositivos



de rede como: switches de diferentes tecnologias, roteadores, equipamentos para transmissão sem fio, dentre outros (Figura 2). O *Packet Tracer* conta ainda com suporte para simular a operação de diferentes protocolos para Redes Locais (LAN) e Redes de longa distância (WAN), além de roteadores e switches. Além disso, esta ferramenta permite desenvolvimento de projetos em ambiente colaborativo ou multiusuário. Com esta ferramenta um estudante pode implementar, visualizar e configurar topologias de redes complexas, realizando análises que em um cenário real, seria quase impossível, pela disponibilidade da rede em si, assim como a de equipamentos. O software permite ainda, ao estudante, a realização de exercícios com correção online, começando por exercícios simples, mas podendo evoluir até cenários de redes complexas.

O Cisco Packet Tracer possibilita ao estudante de redes a visualização do ambiente de rede para a criação, configuração e solução de problemas, a criação e visualização da transmissão de pacotes virtuais através da rede criada em tempo real, permite desenvolver habilidades para solução de problemas potenciais, criar e configurar complexas topologias de redes que estão muito além dos seus equipamentos disponíveis no mercado e encoraja o estudante a desafiar seus conhecimentos em uma grande variedade de protocolos. Já para o professor, o programa possibilita ensinar os conhecimentos ao nível de profundidade requeridos para alunos que queiram buscar certificação na área, oferece uma demonstração visual e com animações de tecnologias complexas, auxilia num trabalho colaborativo entre os alunos com acesso a distância e oferece suporte a grande maioria das tecnologias exigidas pelos exames de certificação da empresa Cisco.



**Figura 2:** Ferramenta de simulação Cisco Packet Tracer

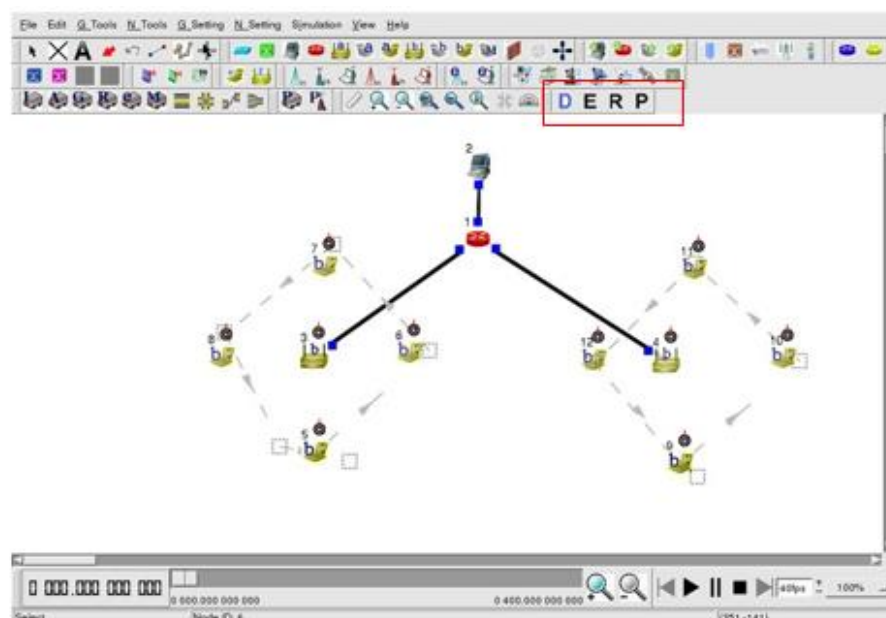
**Fonte:** <<http://cisco-packettracer.software.informer.com/4.1/>>. Acesso em: 25 outubro 2015

#### 6.4.2 EstiNet

EstiNet é um simulador e emulador de redes desenvolvido pelo *Department of Computer Science da National Chiao Tung University*, versão comercial do NCTUns. O EstiNet, desenvolvido pela *EstiNet Technologies Inc.*, é um software de renome mundial utilizado para o planejamento, análise, ensino/aprendizagem, desenvolvimento de protocolos e na previsão de desempenho de aplicações de redes. É considerado como uma ferramenta muito útil para estudar computação em nuvem e redes de próxima geração, capaz de simular diversos protocolos utilizados tanto nas redes IP, com fio e sem fio. Atualmente, ele é executado no sistema operacional Linux Fedora, utilizando a pilha de protocolos TCP/IP real do kernel do sistema para gerar resultados de simulação de alta fidelidade. É um simulador que possui uma interface gráfica com o usuário bastante intuitiva, visto que facilita a escolha dos elementos a serem adicionados na rede simulada (computadores, roteadores, hubs, cabos, antenas e etc.) clicando em seus respectivos ícones. A configuração e utilização do simulador são exatamente os mesmos utilizados em redes reais IP.

A seguir, na figura 2 é apresentado a interface do EstiNet, na qual estão destacados os quatro modos de operação do simulador, listados abaixo.

- O modo de desenho (D), onde o usuário escolhe os elementos da rede e os posiciona de acordo com o seu interesse.
- O modo de edição (E), aonde o usuário tem a possibilidade de editar os parâmetros de cada elemento, como endereço IP, comandos a serem executados e qualquer outra configuração pertinente.
- O modo *run* (R), quando o programa se encarrega de gerar os arquivos relacionados a a simulação e os salvar em seu respectivo diretório.
- O modo *play* (P), aonde o usuário tem a possibilidade de ver a simulação em si, seja através da visualização da direção do fluxo de dados na rede simulada, ou ainda de gráficos dinâmicos que mostram os parâmetros da rede.



**Figura 3:** Ferramenta de simulação EstiNet

**Fonte:** < <http://getyourvikas.blogspot.com.br/2012/11/vtu-7th-sem-cs-network-lab-part.html>>. Acesso em: 25 outubro 2015

Outro aspecto interessante do EstiNet está relacionado a quantidade de recursos disponibilizados na ferramenta, que além de herdar todos os recursos da última versão do NCTUns, possui novos e importantes recursos, como simulações de rede *OpenFlow*<sup>2</sup>, simulações de rede sem fio, emulações de arquiteturas distribuídos, simulações de redes veiculares, entre outras. A ferramenta simula ainda uma série de protocolos muito utilizados

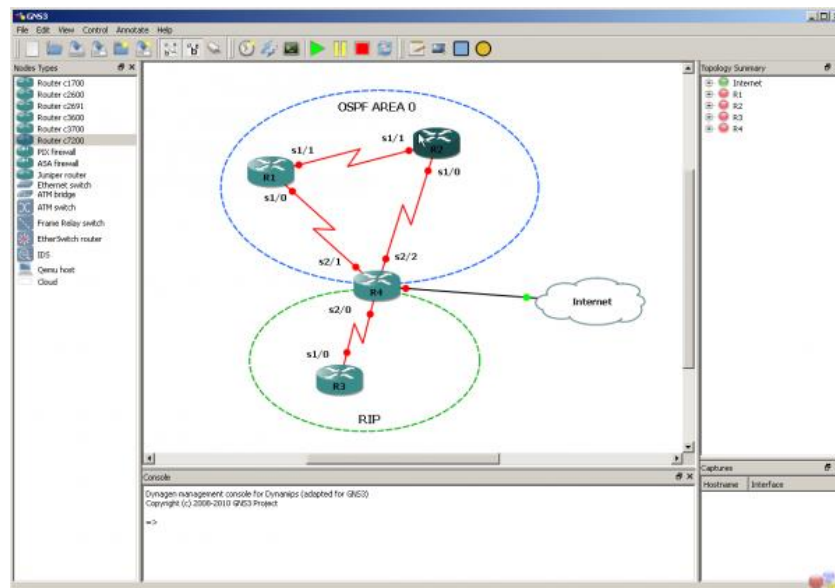
<sup>2</sup> Openflow tira o controle do tráfego dos ativos da rede, switches e routers e transfere esse controle para o administrador da rede, usuários ou até aplicações. Isso permite aos usuários definir políticas de tráfego com a melhor banda disponível, menor latência ou sem congestionamento.

na área e todos os protocolos de camada de aplicação utilizados em aplicações de rede de tempo real.

#### 6.4.3 GNS3 (Graphical Network Simulator)

O software simulador GNS3 é um software gratuito, de código aberto (*open source*), que pode ser baixado da internet e utilizado livremente. O GNS3 funciona com imagens de Sistemas Operacionais reais Cisco, que são emuladas através de um programa chamado *Dynamips*, ou seja, possui a capacidade de emular sistemas operacionais de equipamentos reais CISCO e de computadores com sistemas operacionais Linux/Windows. O GNS3 é uma ótima ferramenta para testes, tendo em vista que permite gerenciar a simulação de redes complexas e observar se um determinado equipamento ou programa alcançou o objetivo desejado, antes de sua implantação no ambiente real.

Em relação à interface gráfica, o GNS3 possibilita a implementação de diversas topologias de rede, na qual a configuração dos equipamentos no simulador é realizada por meio de um terminal idêntico ao usado em equipamentos reais. A Figura 4 apresenta uma visão geral da área de trabalho do GNS3.



**Figura 4:** Ferramenta de simulação GNS3

**Fonte:** < <http://www.linuxdescomplicado.com.br/2012/07/projeto-ambientes-de-redes-mais.html>>  
Acesso em: 25 outubro 2015.

Segundo Samsoniuk (2010), o GNS3 permite a integração de sistemas simulados com sistemas reais, tendo em vista que qualquer interface de rede presente na máquina hospedeira pode ser mapeada e utilizada. Um bom exemplo seria a utilização do acesso a internet por meio de um dispositivo virtual conectado a uma interface física da máquina hospedeira. Ainda segundo Samsoniuk (2010), o GNS3 possui uma interface gráfica de grande qualidade e o conjunto como um todo é incrivelmente robusto e sólido, lembrando que o simulador foi desenhado para operar sempre em tempo real, podendo dificultar simulações casadas de hardware e eventualmente mascarar detalhes de temporização em casos mais críticos. Mas é interessante ressaltar a importância da ferramenta na simulação de roteadores Cisco, pois representa uma oportunidade ideal para validar produtos, tendo em vista que a Cisco é considerada referência no mercado IP.

#### 6.4.4 NetKit

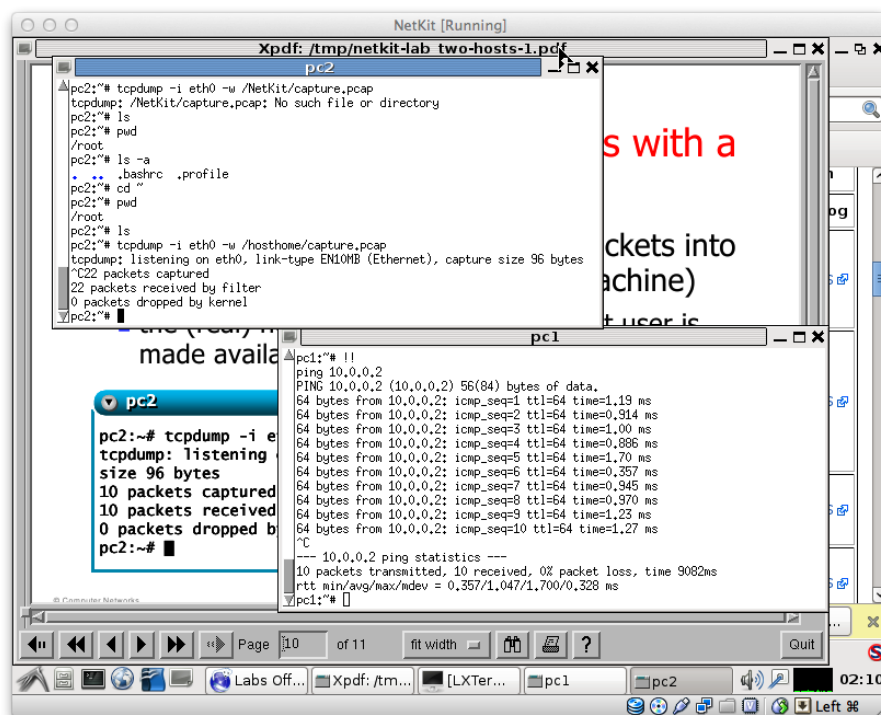
O software netkit é um emulador de redes de computadores, criado por um grupo de pesquisadores da Universidade de Roma, que permite a criação de ambientes virtuais, incluindo todos os dispositivos e recursos necessários para implementação de uma rede de computadores, como roteadores, servidores, switches, enlaces, entre outros. Segundo Barbosa (2009), O Netkit foi criado visando auxiliar nas pesquisas e no ensino de conteúdos relacionados da área de Redes de Computadores, tendo em vista que é difícil pensar no aprendizado sem que o aluno realize atividades práticas sobre ambientes de rede completos e que criar ambientes reais tem custos elevados. Entretanto, segundo Barbosa et. al. (2012),

[...] apesar de inicialmente ter sido projetado com fins educacionais, com o tempo o netkit foi saindo do cenário acadêmico e entrando no meio profissional, pois para os administradores de redes é interessante saber antecipadamente se determinadas configurações terão os resultados esperados quando forem implementadas, sem a necessidade de gastar com hardware antes de ter a certeza do sucesso do projeto. Desta forma, os alunos que utilizarem o netkit para o seu aprendizado, poderão utilizá-lo no mercado de trabalho.

Além dos dispositivos de hardware, cada equipamento virtual possui um sistema operacional real que coloca o estudante em contato com tecnologias que proporcionam experiências bem compatíveis com o seu futuro profissional. No emulador estes equipamentos virtuais são inicializados com softwares reais que em execução oferecem experiência real ao estudante

para a realização de diversos estudos, mesmo que tenha apenas um computador em seu domicílio.

Para emular uma rede, o Netkit utiliza um conjunto de arquivos de configurações e pastas, que formam um laboratório virtual. Um laboratório também pode ser inicializado através de scripts ou através da linguagem NetML que é uma linguagem baseada em XML para descrição de redes. A Figura 5 mostra a área de trabalho do emulador NetKit, na qual é possível observar um conjunto de scripts que formam os dispositivos virtuais.



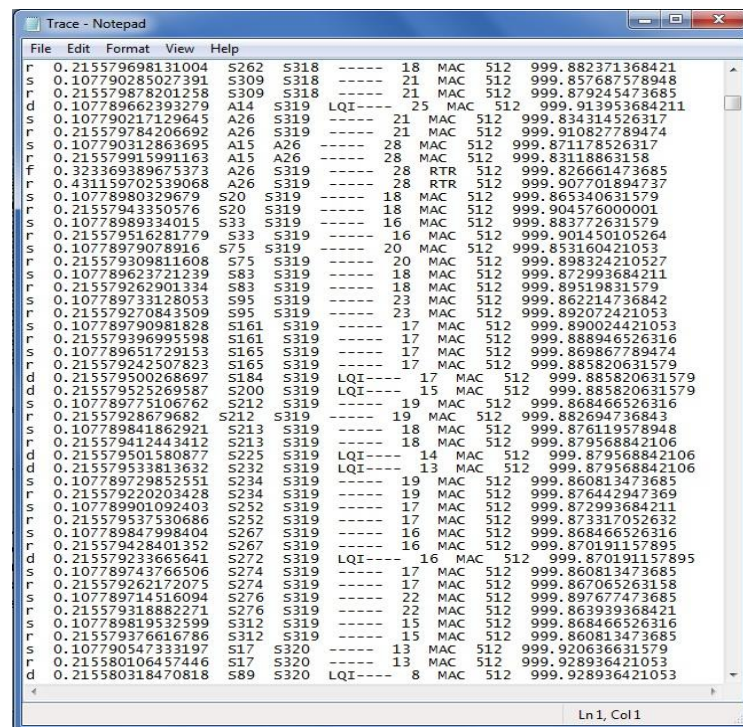
**Figura 5:** Ferramenta de simulação NetKit

**Fonte:** < <http://www.vwmin.org/open-source-routing-and-network-simulation-open-source.html>>.  
Acesso em: 25 outubro 2015.

#### 6.4.5 NS2 – Network Simulator

O NS-2 é um simulador de redes de computadores discreto, desenvolvido na Universidade de Berkley usando as linguagens C++ e Tcl. O software está na versão três e é muito utilizado para fins acadêmicos, é um simulador de redes de computadores muito popular nos meios acadêmicos por ter o código fonte aberto, permitindo ao usuário adaptá-lo de acordo com sua necessidade. Entretanto, o NS-2 não possui uma interface com o usuário nada amigável, tendo

em vista que todas as simulações são baseadas em scripts na linguagem TCL, que usa bibliotecas desenvolvidas em C++ as quais possuem os objetos para o escalonamento de eventos e elementos de rede (Figura 6). Sendo assim, se o usuário não é um programador terá muita dificuldade em elaborar e testar simulações na ferramenta, inclusive terá dificuldades de interpretar os resultados.



```

File Edit Format View Help
r 0.215579698131004 S262 S318 ----- 18 MAC 512 999.882371368421
s 0.107790285027391 S309 S318 ----- 21 MAC 512 999.857687578948
r 0.215579878201258 S309 S318 ----- 21 MAC 512 999.879245473685
d 0.107789662393279 A14 S319 ----- 25 MAC 512 999.913953684211
s 0.107790217129645 A26 S319 ----- 21 MAC 512 999.834314526317
s 0.215579784206692 A26 S319 ----- 21 MAC 512 999.910827789474
r 0.107790312863695 A15 A26 ----- 28 MAC 512 999.871178526317
s 0.215579915991163 A15 A26 ----- 28 MAC 512 999.83118863158
r 0.223369389675373 A26 S319 ----- 28 RTR 512 999.826661473685
r 0.431159702539068 A26 S319 ----- 28 RTR 512 999.907701894737
s 0.10778980329679 S20 S319 ----- 18 MAC 512 999.865340631579
r 0.21557943350576 S20 S319 ----- 18 MAC 512 999.904576000001
s 0.10778989334015 S33 S319 ----- 16 MAC 512 999.883772631579
r 0.215579516281779 S33 S319 ----- 16 MAC 512 999.901450105264
s 0.10778979078916 S75 S319 ----- 20 MAC 512 999.853160421053
r 0.215579309811608 S75 S319 ----- 20 MAC 512 999.898324210527
s 0.107789623721239 S83 S319 ----- 18 MAC 512 999.872993684211
r 0.215579262901334 S83 S319 ----- 18 MAC 512 999.89519831579
s 0.107789733128053 S95 S319 ----- 23 MAC 512 999.862214736842
r 0.215579270843509 S95 S319 ----- 23 MAC 512 999.892072421053
s 0.107789790981828 S161 S319 ----- 17 MAC 512 999.890024421053
r 0.21557939695598 S161 S319 ----- 17 MAC 512 999.888946526316
s 0.107789651729153 S165 S319 ----- 17 MAC 512 999.869867789474
r 0.215579242507823 S165 S319 ----- 17 MAC 512 999.885820631579
d 0.215579500268697 S184 S319 LQI----- 17 MAC 512 999.885820631579
d 0.215579525269587 S200 S319 LQI----- 15 MAC 512 999.885820631579
s 0.107789775106762 S212 S319 ----- 19 MAC 512 999.868466526316
r 0.21557928679682 S212 S319 ----- 19 MAC 512 999.882694736843
s 0.107789841862921 S213 S319 ----- 18 MAC 512 999.876119578948
r 0.215579412443412 S213 S319 ----- 18 MAC 512 999.879568842106
d 0.215579501580877 S225 S319 LQI----- 14 MAC 512 999.879568842106
d 0.215579533813632 S232 S319 LQI----- 13 MAC 512 999.879568842106
s 0.107789729852551 S234 S319 ----- 19 MAC 512 999.860813473685
r 0.215579220203428 S234 S319 ----- 19 MAC 512 999.876442947369
s 0.107789901092403 S252 S319 ----- 17 MAC 512 999.872993684211
r 0.215579537530686 S252 S319 ----- 17 MAC 512 999.873317052632
s 0.107789847998404 S267 S319 ----- 16 MAC 512 999.868466526316
r 0.215579428401352 S267 S319 ----- 16 MAC 512 999.870191157895
d 0.215579233665641 S272 S319 LQI----- 16 MAC 512 999.870191157895
s 0.107789743766506 S274 S319 ----- 17 MAC 512 999.860813473685
r 0.215579262172075 S274 S319 ----- 17 MAC 512 999.867065263158
s 0.107789714516094 S276 S319 ----- 22 MAC 512 999.897677473685
r 0.215579318882271 S276 S319 ----- 22 MAC 512 999.863939368421
s 0.107789819532599 S312 S319 ----- 15 MAC 512 999.868466526316
r 0.215579376616786 S312 S319 ----- 15 MAC 512 999.860813473685
s 0.107790347333197 S17 S320 ----- 13 MAC 512 999.920636631579
r 0.215580106457446 S17 S320 ----- 13 MAC 512 999.928936421053
d 0.215580318470818 S89 S320 LQI----- 8 MAC 512 999.928936421053
Ln1, Col1

```

**Figura 6:** Resultado Simulação Rede Sensores sem Fio no NS2

**Fonte:** < <http://www.codeproject.com/Articles/606364/Wireless-Sensor-Network-Localization-Simulator-v>>.  
Acesso em: 03 novembro 2015

## 6.5 Trabalhos relacionados

Siraj at. al. (2012), apresentaram uma proposta baseada em testes com diferentes simuladores de redes, destacando suas principais características, vantagens e desvantagens. O objetivo do artigo era servir de fonte de referência para ajudar na escolha do simulador mais apropriado para uma determinada aplicação. Os autores fizeram uma abordagem da importância do uso de simuladores em diversos setores da sociedade e destacaram suas contribuições relacionadas à redução de custos e tempo de implementações.

A comparação entre os simuladores foram baseadas no intervalo (do simples para muito complexo), especificação de *hosts*, das ligações e o tráfego entre eles, na especificação dos protocolos existentes, aplicações gráficas (interface com usuário), modos de operação (normal

e avançado) e nas ferramentas para criar as simulações. Dentre os diferentes tipos de simuladores existentes, os autores utilizaram, como objeto de estudo, os simuladores OPNET, NS2, NS3, NetSim, OMNeT ++, REAL, J-Sim e QualNet. O interessante do artigo é que esses simuladores utilizados possuem características bem diferenciadas, contribuindo com várias opções de escolha.

Na conclusão do artigo, os autores apresentaram uma simulação específica para cada um dos simuladores, sem definir qual é o melhor, o mais utilizado, entre outros. A ideia foi mostrar as características distintas de cada um deles, com base nas simulações, sendo possível identificar a aplicação de cada um deles no ensino-aprendizagem de redes de computadores.

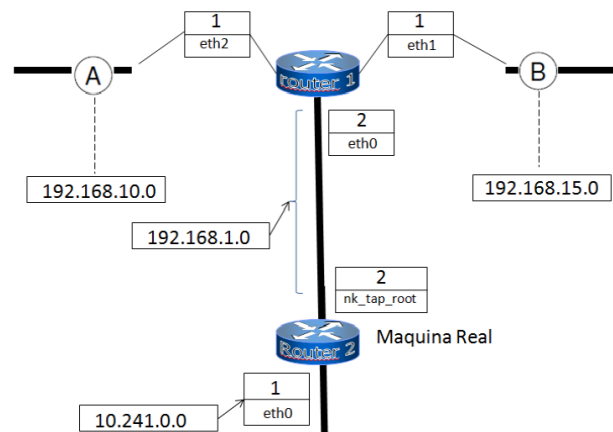
Seguindo a mesma linha, Voss et. al. (2012), apresentaram uma proposta de ensino baseada na utilização de vários softwares simuladores. A pesquisa foi desenvolvida a partir de um estudo sobre os temas abordados na disciplina de Redes de Computadores em nível de graduação. Na primeira etapa do trabalho, foram analisadas as ementas dessa disciplina de três (3) instituições de ensino. Na segunda etapa, foi feito um comparativo entre os conteúdos, considerando a aplicação de laboratórios virtuais baseados nos simuladores de redes utilizados (Cisco Packet Tracer, NCTUns, JimSim, GNS3, NetSimK, NS-2, OPNET, Cnet e SiReViW). Na avaliação, foram considerados os objetivos, carga horária e conteúdos apresentados. Considerando a descrição dos objetivos, associados aos conteúdos em comum nas ementas, foram escolhidos os temas que poderiam ser trabalhados com as ferramentas. Com base na análise e comparação entre os temas apresentados na disciplina e as ferramentas utilizadas na abordagem, os autores demonstraram que é viável a utilização das ferramentas, de forma articulada, contribuindo assim para uma melhor reflexão e compressão dos temas envolvidos no ensino. O Quadro apresentado na figura 8 apresenta resumidamente o resultado da análise realizada para estabelecer uma correspondência entre os conteúdos abordados na disciplina e quais ferramentas podem ser utilizadas para auxiliar na compreensão e reflexão sobre determinado assunto.

<b>Temas propostos</b>	<b>Packet Tracer</b>	<b>Jim Sim</b>	<b>Net Simk</b>	<b>OPNET IT Guru</b>	<b>SireViW</b>
Topologias de redes	X		X	X	X
Modelo TCP/IP	X	X	X	X	X
Projeto e gerência de redes	X		X	X	X

Figura 7: Relação entre temas propostos e ferramentas (Voss et. al. ,2012)



Araujo e Bogo (2012) apresentaram uma proposta mais específica, cujo objetivo era desenvolver laboratórios virtuais, para simular processos de roteamento estático e dinâmico, sendo este último, baseado no protocolo Open Shortest Path First (OSPF) como protocolo de roteamento. Ambos os laboratórios foram desenvolvidos com a tecnologia de endereçamento *Internet Protocol* versão 6 (IPv6), utilizando os softwares netkit e netgui como ferramentas de virtualização. Com a utilização dessas ferramentas, os autores conseguiram criar ambientes virtuais de roteamento estático e dinâmico, utilizando o IPv6, criados a partir de laboratórios de roteamento *Internet Protocol* versão 4 (IPv4), criados anteriormente, como parte do projeto. Dessa forma demonstraram a eficiência das ferramentas e os benefícios alcançados com a criação de ambientes virtuais, chamados de laboratórios. Barbosa et. al. (2012), também apresentaram uma proposta de ensino de roteamento utilizando a ferramenta Netkit, baseada no ensino de roteamento estático. Inicialmente, os autores destacaram a importância da utilização da ferramenta na simulação de laboratórios virtuais e suas contribuições para o ensino-aprendizagem de redes de computadores, em seguida apresentaram um ambiente para o ensino de roteamento estático. Segundo os autores, o ambiente proposto (Figura 7) pode ser utilizado de duas formas para o ensino de roteamento estático. Na primeira, os alunos podem fazer a configuração manual de cada uma das máquinas virtuais e com isto, aprender os comandos necessários para configurar e testar uma rede, tendo em vista que a configuração é idêntica à realizada nas máquinas reais. Na segunda forma, o professor pode criar um laboratório para que os alunos executem todo ambiente e compreendam o funcionamento, sem se preocupar com a configuração do mesmo. Na conclusão, foram evidenciadas as contribuições do Netkit no ensino de roteamento estático em redes de computadores, tendo em vista que foi possível proporcionar um ambiente de rede completo por aluno, permitindo ao aluno assimilar com facilidade o conceito teórico com a atividade prática.



**Figura 8:** Ambiente proposto para ensino de roteamento estático (Barbosa et. al., 2012).

A criação de laboratórios virtuais também foi proposta por Gurgel et. al. (2012), utilizando a ferramenta de simulação NetKit. Porém, a proposta teve como objetivo apresentar a ferramenta e suas contribuições no ensino e aprendizagem de redes de computadores. Segundo os autores, embora seja possível ensinar e aprender redes por meio de livros, revistas e fóruns especializados, a experimentação prática é um fator de grande importância e relevância no ensino e aprendizagem da disciplina. O problema é que a experimentação prática é um processo oneroso, que envolve a disponibilidade de diversos equipamentos e ainda, não oferece grande flexibilidade de configurações para atender o volume de atividades práticas necessárias. Com base nessa abordagem, o artigo apresenta os problemas da realização de atividades práticas em redes de computadores e a utilização do Netkit como ferramenta de criação de laboratórios virtuais para o estudo em questão. Na conclusão do trabalho, segundo os autores, foi possível constatar os benefícios da virtualização de redes no ensino, e em particular o uso da ferramenta Netkit, na ampliação da profundidade do conteúdo ministrado e na efetividade do aprendizado prático facilitado pela ferramenta.

## 7 METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se inicialmente como exploratória e descritiva. Foi realizado um levantamento bibliográfico sobre o assunto e a fundamentação teórica foi baseada somente em trabalhos da última década. Dessa forma, os objetivos podem ser fundamentados com informações mais atuais. Em relação à escolha das ferramentas, como objeto da pesquisa, foram consideradas as ferramentas mais citadas durante a revisão de literatura, entre as quais foram escolhidas cinco ferramentas (O Cisco Packet Tracer, NS2, Netkit, GNS3 e o EstiNet).

Em seguida foi realizado um novo levantamento bibliográfico voltado para trabalhos relacionados a cada uma das cinco ferramentas e com base nos resultados, foi feito um comparativo entre as ferramentas para a escolha de uma delas, visando delimitar o objeto da pesquisa. Tendo em vista que as ferramentas em questão atendem vários requisitos para o suporte no ensino-aprendizagem de redes de computadores, a escolha foi baseada na técnica conhecida como percurso cognitivo e nos seguintes parâmetros: o tipo de interface com o usuário, a plataforma de sistema operacional para instalação, frequência de atualizações e recursos disponíveis. Pode-se dizer que o percurso cognitivo é uma modalidade de avaliação analítica de IHC. De acordo com Wharton (1994) *apud* Prates (2003),

“Percurso cognitivo é um método analítico que avalia uma proposta de projeto de IHC no contexto de tarefas específicas do usuário. Ele visa avaliar principalmente a facilidade de aprendizado do sistema, em particular pela exploração dos usuários. A motivação para este tipo de avaliação advém do fato de que muitas pessoas preferem aprender sobre a funcionalidade de um sistema computacional enquanto trabalham em suas tarefas típicas, adquirindo conhecimento sobre novas características ou funções apenas quando seu trabalho as requerer”.

A Tabela 1 apresenta um comparativo entre as ferramentas, com base nos parâmetros pré-definidos. A partir dos resultados da comparação, foi escolhida a ferramenta Cisco Packet Tracer por ser um software que tem versões para diferentes plataformas de sistema operacional, tem uma interface gráfica bem “amigável” com o usuário, dispõe de diversos modelos de dispositivos que proporciona uma diversidade de atividades práticas e é atualizado com frequência, inclusive para acréscimo de novos recursos e dispositivos de rede. É interessante ressaltar que o Cisco Packet Tracer ainda tem versões diferenciadas para aluno e professor, funcionando como facilitador no ensino-aprendizagem de redes de computadores.

**Tabela 1:** Comparativo dos simuladores de Redes de Computadores

<b>COMPARATIVO - SIMULADORES DE REDES DE COMPUTADORES</b>						
<b>Ferramentas</b>	<b>Interface Gráfica</b>	<b>Plataforma Sistema Operacional</b>	<b>Atualizações Frequentes</b>	<b>Portable</b>	<b>Software Gratuito</b>	<b>Recursos Disponíveis (Pontuação*)</b>
<b>NS2 - Network Simulator</b>	Não	Linux	sim	não	sim	5
<b>NetKit</b>	não	Linux	sim	não	sim	4
<b>GNS3 - Graphical Network Simulator</b>	sim	Windows / Linux	sim	sim	sim	3
<b>EstiNet - EstiNet Technologies Inc.</b>	sim	Linux	sim	não	não	5
<b>Cisco Packet Tracer Student</b>	sim	Windows / Linux	sim	sim	sim	5
<b>* Pontuação mínima = 1 e máxima = 5</b>						

Num segundo momento, foi feito um *checklist* de usabilidade, utilizando o instrumento ErgoList<sup>3</sup> como complemento da análise, sobre o ponto de vista ergonômico de usabilidade do software Cisco Packet Tracer. Sendo importante lembrar que o ErgoList foi escolhido por ser um sistema de listas de verificação de qualidades ergonômicas de softwares desenvolvido em 1997, com o apoio da Fundação Softex, sendo considerado um instrumento completo, objetivo e validado por meio de testes para análise de interfaces de diferentes sistemas. A Tabela 2 apresenta o laudo final da análise quantitativa do Cisco Packet Tracer com base nos critérios de ergonomia contemplados pelo ErgoList. No Anexo 1, apresenta uma tabela com todos os critérios ergonômicos avaliados no *checklist*.

Com base na Tabela 2, é importante observar que, do total geral de questões pertencentes às categorias de critérios que compõem o Ergolist, 70% dos critérios estão em conformidade e considerando que das 194 questões, 55 não são aplicáveis ao Cisco Packet Tracer, teríamos um total de 190 questões em conformidade, logo o percentual de conformidade a ser considerado é de 97,94%. Considerando as questões em conformidade, percebe-se que a média geral entre os critérios ficou acima do total (76%).

<sup>3</sup> ErgoList - Lista de verificação de exigências ergonômicas para interfaces com o usuário. Site LabiUtil Home Page da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Disponível em: < <http://www.labiutil.inf.ufsc.br/>>.

Tabela 2: Laudo final do Checklist de usabilidade

SOFTWARE DE SIMULAÇÃO - CISCO PACKET TRACER STUDENT				
LAUDO FINAL - CHECKLIST DE USABILIDADE (ErgoList)				
Aspecto ou Critério	Total questões	Respondidas	Em Conformidade	Não aplicáveis
PRESTEZA	17	17	76%	4
AGRUPAMENTO POR LOCALIZAÇÃO	11	11	82%	2
AGRUPAMENTO POR FORMATO	17	17	65%	5
FEEDBACK	12	12	58%	5
LEGIBILIDADE	27	27	44%	14
CONCISÃO	14	14	64%	5
AÇÕES MÍNIMAS	5	5	100%	0
DENSIDADE INFORMACIONAL	9	9	78%	2
AÇÕES EXPLÍCITAS	4	4	50%	1
CONTROLE DO USUÁRIO	4	4	100%	0
FLEXIBILIDADE	3	3	100%	0
EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO	6	6	67%	2
PROTEÇÃO CONTRA ERROS	7	7	86%	1
MENSAGENS DE ERRO	9	9	67%	2
CORREÇÃO DE ERROS	5	5	80%	1
CONSISTÊNCIA	11	11	100%	0
SIGNIFICADOS	12	12	92%	1
COMPATIBILIDADE	21	21	52%	10
<b>TOTAL</b>	<b>194</b>	<b>194</b>	<b>70%</b>	<b>55</b>

A próxima etapa é identificar a percepção de alunos e professores em relação às contribuições do Cisco Packet Tracer como ferramenta de suporte no ensino-aprendizagem de redes de computadores. Sendo assim, o meio de investigação utilizado será um estudo de caso de uma IES, localizada na cidade Belo Horizonte – MG, que está implantando o novo modelo de ensino *flipped classroom*. Na IES em questão, será aplicado um Minicurso de Redes de computadores e questionários para identificar a percepção de alunos e professores em relação ao uso da ferramenta. Para identificar a percepção do aluno, será aplicado um questionário qualitativo (Apêndice A), baseado no modelo de Toledo (2014)<sup>4</sup>, composto de questões relacionadas às características técnicas e pedagógicas do simulador. O questionário será aplicado para um grupo de 30 (trinta) alunos regulares do curso graduação de redes de computadores que já utilizaram o simulador nas atividades práticas de algumas das disciplinas

<sup>4</sup> Bruno de Souza Toledo propôs um questionário de Avaliação de Software Educacional aplicado aos Alunos, como instrumento de coleta de dados, na sua pesquisa sobre o uso de softwares como ferramenta de ensino-aprendizagem na educação do ensino médio/técnico no Instituto Federal de Minas Gerais – Universidade FUMEC.

técnicas. O mesmo questionário será aplicado para os alunos de uma turma de um minicurso de extensão de redes de computadores. O minicurso terá como público os alunos do PRONATEC, dos cursos técnicos de Informática e Manutenção de computadores, para identificar a percepção de dois públicos diferentes em relação ao ensino-aprendizagem com o Cisco Packet Tracer. Para identificar a percepção dos professores, também será aplicado um questionário qualitativo (Apêndice B) a um grupo de professores, composto de questões relacionadas às contribuições no ensino de redes de computadores que o simulador pode proporcionar.

No minicurso de redes de computadores, serão utilizados vários cenários para contemplar diferentes disciplinas do curso de redes de computadores regular. Com base nos cenários, os alunos farão atividades práticas utilizando o simulador Packet Tracer. Esses mesmos alunos serão submetidos a uma webaula, elaborada a partir de demonstrações no próprio Packet Tracer, e logo em seguida realizarão uma atividade prática relacionada, com o objetivo de identificar também as contribuições da ferramenta no novo modelo de ensino em questão. As aulas elaboradas a partir do Cisco Packet Tracer podem servir de modelo para elaboração de outras aulas modelo.

## **8 RESULTADOS ESPERADOS**

Com base no objetivo da pesquisa, espera-se que o resultado consolidado da coleta de dados possa demonstrar quantitativa e qualitativamente as contribuições do software de simulação na melhoria do processo de ensino-aprendizagem. Em relação ao novo modelo de ensino é esperado que o simulador possa ser utilizado como ferramenta de apoio na elaboração de vídeo aulas, servindo de aulas-modelo para unificar o ensino de redes de computadores.

## **9 CRONOGRAMA**

Cronograma Dissertação - Walter dos Santos																							
Atividades	2015										2016												
	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Elaboração do Problema	X																						
Delimitação do tema	X	X																					
Levantamento Bibliográfico	X	X	X	X																			
Fichamento	X	X	X	X																			
Redação do Projeto			X	X																			
Revisão do Projeto			X	X																			
Envio ao comitê de ética					X	X																	
Qualificação							X																
Coleta de Dados							X	X	X	X	X	X	X	X	X								
Redação da Dissertação							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
Consolidação dos Dados											X	X	X	X	X	X	X						
Análise dos Resultados													X	X	X	X	X						
Revisão por parte do orientador																	X	X					
Redação Final da Dissertação																		X	X				
Encaminhamento à banca examinadora																					X		
Defesa da Dissertação																						X	

## 10 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ABREU, A. C. B. **Avaliação de usabilidade em softwares educativos**. 2010. 109 f. dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Fortaleza. Disponível em: <[http://www.uece.br/mpcomp/index.php/arquivos/doc\\_download/231-dissertacao-72](http://www.uece.br/mpcomp/index.php/arquivos/doc_download/231-dissertacao-72)>. Acesso em: 18 maio 2015.

ARAUJO, D. J. R.; BOGO, M. **Simulação de Ambientes de Rede para Suporte ao Ensino de Redes de Computadores: Projeto e Criação de Novos Ambientes**. In: ENCONTRO DE COMPUTAÇÃO E INFORMÁTICA DO TOCANTINS, 14., 2012, Palmas. Anais... Palmas: CEULP/ULBRA, 2012. Disponível em: <[http://ulbra-to.br/encoinfo/artigos/2012/Simulacao\\_de\\_Ambientes\\_de\\_Rede\\_para\\_Suporte\\_ao\\_Ensino\\_de\\_Redes\\_de\\_Computadores\\_Projeto\\_e\\_Criacao\\_de\\_Novos\\_Ambientes.pdf](http://ulbra-to.br/encoinfo/artigos/2012/Simulacao_de_Ambientes_de_Rede_para_Suporte_ao_Ensino_de_Redes_de_Computadores_Projeto_e_Criacao_de_Novos_Ambientes.pdf)>. Acesso em: 01 junho 2015.

BARBOSA, N. M. S.; ANJOS, M. L.; BOGO, M. **Uso do Netkit no Ensino de Roteamento Estático**. In: XI Encontro de Estudantes de Informática do Tocantins, 2009, Palmas. Anais do XI Encontro de Estudantes de Informática do Tocantins. Palmas: Centro Universitário Luterano de Palmas, 2009. p. 215-222. Disponível em: < [http://www3.ulbra-to.br/eventos/encoinfo/2009/Anais/Uso\\_do\\_Netkit\\_no\\_Ensino\\_de\\_Roteamento\\_Estatico.pdf](http://www3.ulbra-to.br/eventos/encoinfo/2009/Anais/Uso_do_Netkit_no_Ensino_de_Roteamento_Estatico.pdf)> . Acesso em 22 maio 2015.

BISOL, C. A. Ciberespaço: terceiro elemento na relação ensinante/aprendente. In: VALENTINI, Carla Beatriz; SOARES, Eliana Maria do Sacramento (Org.). **Aprendizagem em ambientes virtuais: compartilhando ideias e construindo cenários**. Caxias do Sul: Educs, 2010. Disponível em: <<http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/aprendizagem-ambientes-virtuais/article/view/393/323>>. Acesso em: 01 junho 2015.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Portaria Inep nº 240, de 02 de junho de 2014. Define as diretrizes para avaliação do componente do componente específico da área de Tecnologia em Redes de Computadores. Diário Oficial da União, Brasília, 04 jun 2014. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/web/guest/enade/legislacao-2014>>. Acesso em: 03 novembro 2015.

BRNA, P. E; ASPIN, R. **Collaboration in a Virtual World: Support for Conceptual Learning?** Journal Education and Information Technologies archive Volume 3 Issue 3-4, December 1998. Disponível em: <<http://homepages.inf.ed.ac.uk/pbrna/papers/hci-et97paper/hci-et.html>>. Acesso em: 31 maio 2015.

DUTRA, R. L. S. AAERO: **Ambiente de Aprendizado para o Ensino de Redes de Computadores Orientado a Problemas**. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/1892>>. Acesso em: 10 junho 2015.

FILIPPETTI, M. A. (2008). **Uma arquitetura para a construção de laboratórios híbridos de redes de computadores remotamente acessíveis**. (Dissertação de Mestrado em Engenharia de Computação) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Área de concentração: Redes de Computadores. São Paulo.

GURGEL, P. H.; BARBOSA E. F.; BRANCO K. C. **A ferramenta Netkit e a virtualização aplicada ao ensino e aprendizagem de redes de computadores**. In: XXXII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (CSBC), 7, 2012, Curitiba. Anais... Curitiba: CSBC 2012. Disponível em: <[http://www.imago.ufpr.br/csbc2012/anais\\_csbc/eventos/wei/index.html](http://www.imago.ufpr.br/csbc2012/anais_csbc/eventos/wei/index.html)>. Acesso em: 01 junho 2015.

LAKATOS, E.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 68 p.

MERCADO, L. P. L. (Org.). **Novas tecnologias na educação: Reflexões sobre a prática**. Maceió: EDUFAL, 2002.

PINHEIRO, R. P.; LINS, F. A. A.; MELO, J. C. B. **A Utilização de Simulação no Ensino de Redes de Computadores**. Disponível em: <<http://www.eventosufrpe.com.br/jepex2009/cd/resumos/R0311-1.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2015.

PITEIRA, M. and HADDAD, S. R. **Innovate in your program computer class: an approach based on a serious game**. In Proceedings of the 2011 Workshop on Open Source and Design of Communication (OSDOC '11). ACM, New York, NY, USA, 49-54, 2011. Disponível em: < <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2016716.2016730>>. Acesso em: 31 maio 2015.

PRATES, R. O.; BARBOSA, S. D. J. Avaliação de Interfaces de Usuário - **Conceitos e Métodos Anais do XXIII Congresso Nacional da Sociedade Brasileira de Computação**. XXII Jornadas de Atualização em Informática (JAI). SBC 2003. Agosto 2003. Disponível em:



< <http://www2.serg.inf.puc-rio.br/index.php/published-work/207-avaliacao-de-interfaces-de-usuario-conceitos-e-metodos>>. Acesso em: 29 setembro 2015.

PSOTKA, J. **Educational games and virtual reality as disruptive technologies**. Educational Technology & Society, April, 2013, Vol.16(2), p.69(12), 1436-4522. Disponível em: <[http://www.ifets.info/journals/16\\_2/7.pdf](http://www.ifets.info/journals/16_2/7.pdf)>. Acesso em: 31 maio 2015.

SANCHES, V. J. C. **Tecnologia para inovações na didática do ensino: Um Estudo de Caso: Lousa Eletrônica**. Disponível em: <<http://www2.dc.uel.br/nourau/document/?down=742>>. Acesso em: 03 maio 2015.

SARKAR, N. **“Tools for Teaching Computer Networking And Hardware Concepts”**, Information Science Publishing. Taiwan, 2006, v. 10, p. 268-270. Disponível em: <[http://www.ifets.info/journals/10\\_1/24.pdf](http://www.ifets.info/journals/10_1/24.pdf)>. Acesso em: 10 junho 2015.

SIRAJ, S.; GUPTA, A. K.; BADGUJAR, R. **Network Simulation Tools Survey**. International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering Vol. 1, Issue 4. Department of Computer Science and Engineering, PGMCOE, Wagholi, Pune. June 2012. Disponível em: < <http://www.ijarcce.com/upload/june/3-Network%20Simulation%20Tools%20Survey.pdf>>. Acesso em: 22 novembro 2015.

TAJRA, S. F. **Informática na Educação: novas ferramentas pedagógicas para o professor na atualidade**. 9. ed. rev. e ampl. São Paulo: Érica, 2012.

TOLEDO, B. S. **O USO DE SOFTWARES COMO FERRAMENTA DE ENSINO-APRENDIZAGEM NA EDUCAÇÃO DO ENSINO MÉDIO/TÉCNICO NO INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS** (Projeto de Pesquisa). Faculdade de Ciências Empresariais – FACE/FUMEC. Belo Horizonte, Minas Gerais. 2014.

VOSS, G. B.; MEDINA, R. D.; ARAUJO, F. V.; NUNES, F. B.; OLIVEIRA, T. **Proposta de utilização de laboratórios virtuais para o ensino de redes de computadores: articulando ferramentas, conteúdos e possibilidades**. Novas Tecnologias na Educação. Cinted-UFRGS, Santa Maria, v. 10, n. 3, dez. 2012. Disponível em: < [www.cinted.ufrgs.br](http://www.cinted.ufrgs.br) >. Acesso em: 22 maio 2015.

## 11 APÊNDICE

### 11.1 Apêndice A – Questionário de avaliação do simulador proposto para os alunos

Quanto às características técnicas e pedagógicas do software, responda:

LEGENDA – ESCALA DE NOTAS				
1	2	3	4	5
Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Não concordo e nem discordo	Concordo parcialmente	Concordo Plenamente

Quadro 1: Instrumento de coleta de dados para alunos

Características técnicas e pedagógicas do Simulador Cisco Packet Tracer	NOTAS				
QUANTO ÀS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	1	2	3	4	5
1. O Cisco Packet Tracer é muito fácil de instalar.					
2. O Cisco Packet Tracer possui versão portátil, ou seja, ele pode ser executado a partir de uma unidade móvel de armazenamento.					
3. O Cisco Packet Tracer é de fácil compreensão e utilização.					
4. Na internet se encontra um vasto material sobre a utilização do Simulador					
5. O software oferece recursos que justificam sua utilização.					
6. O simulador pode ser usado simultaneamente com outros aplicativos.					
7. O sistema de ajuda ou “help” é adequado, ou seja, realmente tira as dúvidas do usuário.					
8. O Simulador exibe mensagens de erro que conduz o usuário a correção.					
9. O Software permite a inclusão e a personalização de recursos.					
10. O software permite abrir múltiplas janelas ou sessões.					
QUANTO ÀS CARACTERÍSTICAS PEDAGÓGICAS DO CISCO PACKET TRACER					
11. O Simulador desperta o interesse do aluno pelo conteúdo de redes de computadores.					
12. O Simulador facilita o aprendizado e desenvolvimento de novos conteúdos.					
13. O Cisco Packet Tracer mantém interação constante ao usá-lo.					
14. O simulador facilita a realização das atividades práticas e de estudar os conteúdos.					
15. O software permite desenvolver atividades em grupo de forma interativa.					

16. Torna o aprendizado mais dinâmico, interessante e menos cansativo.					
17. O Cisco Packet Tracer contribui para o aluno aprender melhor o conteúdo.					
18. O Simulador permite ampliação do conhecimento além do conteúdo teórico.					
19. O Cisco Packet Tracer aumenta o interesse do aluno pelas aulas de redes.					
20. O Cisco Packet Tracer ampliou seus conhecimentos técnicos na área de redes.					
21. O Cisco Packet Tracer contém recursos motivacionais que despertaram sua atenção.					
22. Os recursos visuais facilitam a realização das atividades corretamente.					
23. O uso de animação desperta mantém e reforça a atenção e a motivação.					
24. O uso de recursos sonoros desperta mantém e reforça a atenção e a motivação.					
25. Há tratamento de erro do usuário, para conduzi-lo ao domínio do conteúdo.					
26. O Cisco Packet Tracer apresenta resistência a configurações inadequadas assegurando a sua continuidade e reforçando o aprendizado teórico.					
27. O Simulador permite realizar práticas de grande parte do conteúdo teórico de redes de computadores.					
28. O simulador supriu a ausência de dispositivos físicos integralmente, com base nas atividades práticas.					
29. Há orientação da aprendizagem através de segmentos propostos no menu do Cisco Packet Tracer .					
30. O Cisco Packet Tracer garantiu um ambiente de aprendizado mais rico.					

Fonte: adaptado Toledo (2014)

## 11.2 Apêndice B – Questionário de avaliação do simulador proposto para os professores

Quanto às características técnicas e pedagógicas do software, responda:

LEGENDA – ESCALA DE NOTAS				
1	2	3	4	5
Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Não concordo e nem discordo	Concordo parcialmente	Concordo Plenamente

Quadro 2: Instrumento de coleta de dados para professores

Características técnicas e pedagógicas do Simulador Cisco Packet Tracer	NOTAS				
QUANTO ÀS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	1	2	3	4	5
31. O Cisco Packet Tracer é muito fácil de instalar.					
32. O Cisco Packet Tracer pode ser considerada uma ferramenta essencial para o ensino de redes, na falta de infraestrutura física de laboratórios.					
33. O Cisco Packet Tracer realmente substitui grande parte dos dispositivos de redes					
34. O aluno encontra a sua disposição um vasto um vasto material sobre a utilização do Simulador na internet					
35. O software oferece recursos que justificam sua utilização na sala de aula ou laboratório.					
36. O sistema de ajuda ou “help” é adequado, ou seja, realmente tira as dúvidas do usuário.					
QUANTO ÀS CARACTERÍSTICAS PEDAGÓGICAS DO CISCO PACKET TRACER					
1. É uma ferramenta que contribui de maneira significativa na elaboração de atividades práticas.					
2. É uma ferramenta que contribui de maneira significativa na elaboração de pré-aula, baseando-se no novo modelo de ensino.					
3. O Simulador desperta o interesse do aluno pelo conteúdo de redes de computadores.					
4. O Simulador facilita o aprendizado e desenvolvimento de novos conteúdos.					
5. O simulador facilita a realização das atividades práticas e dentro e fora das salas					

de aula.					
6. O software permite desenvolver atividades em grupo de forma interativa.					
7. Torna o aprendizado mais dinâmico, interessante e menos cansativo.					
8. O Cisco Packet Tracer contribui para o aluno aprender melhor o conteúdo.					
9. O Simulador permite ampliação do conhecimento além do conteúdo teórico.					
10. O Cisco Packet Tracer aumenta o interesse do aluno pelas aulas de redes.					
11. O Cisco Packet Tracer ampliou seus conhecimentos técnicos na área de redes.					
12. O Cisco Packet Tracer contém recursos motivacionais que despertaram sua atenção.					
13. Os recursos visuais facilitam a realização das atividades corretamente.					
14. O uso de animação desperta mantém e reforça a atenção e a motivação do aluno.					
15. O uso de recursos sonoros desperta mantém e reforça a atenção e a motivação.					
16. Há tratamento de erro do usuário, para conduzi-lo ao domínio do conteúdo.					
17. O Cisco Packet Tracer apresenta resistência a configurações inadequadas assegurando a sua continuidade e reforçando o aprendizado teórico.					
18. O Simulador permite realizar práticas de grande parte do conteúdo teórico de redes de computadores.					
19. O simulador supriu a ausência de dispositivos físicos integralmente, com base nas atividades práticas.					
20. O Cisco Packet Tracer garantiu um ambiente de aprendizado mais rico.					

Fonte: adaptado Toledo (2014)

## 12 ANEXOS

### 12.1 Anexo 1 – Critérios de usabilidade do ErgoList

**Quadro 3:** Critérios de usabilidade do ErgoList

<b>Presteza</b>	Verificação de que o sistema informe e conduza o usuário durante a interação.
<b>Agrupamento por localização</b>	Verificação de que a distribuição espacial dos itens traduza as relações entre as informações.
<b>Agrupamento por formato</b>	Verificação dos formatos dos itens como meio de transmitir associações e diferenças.
<b>Feedback</b>	Avaliação da qualidade do <i>feedback</i> imediato às ações do usuário.
<b>Legibilidade</b>	Verificação da legibilidade das informações apresentadas nas telas do sistema.
<b>Concisão</b>	Verificação do tamanho dos códigos e termos apresentados e introduzidos no sistema.
<b>Ações Mínimas</b>	Verificação da extensão dos diálogos estabelecidos para a realização dos objetivos do usuário.
<b>Densidade Informacional</b>	Avaliação da densidade informacional das telas apresentadas pelo sistema.
<b>Ações Explícitas</b>	Verificação de que seja o usuário quem comanda explicitamente as ações do sistema.
<b>Controle do Usuário</b>	Avaliação das possibilidades de o usuário controlar o encadeamento e a realização das ações.
<b>Flexibilidade</b>	Verificação de que o sistema permita personalizar as apresentações e os diálogos.
<b>Experiência do Usuário</b>	Avaliação de que usuários com diferentes níveis de experiência tenham iguais possibilidades de obter sucesso em seus objetivos.
<b>Proteção contra erros</b>	Verificação de que o sistema ofereça as oportunidades para o usuário prevenir eventuais erros.
<b>Mensagens de erro</b>	Avaliação da qualidade das mensagens de erro enviadas aos usuários em dificuldades.
<b>Correção de erros</b>	Verificação de que as facilidades oferecidas para que o usuário possam corrigir os erros cometidos.
<b>Consistência</b>	Avaliação de ser mantida uma coerência no projeto de códigos, telas e diálogos com o usuário.
<b>Significados</b>	Avaliação de que os códigos e denominações sejam claros e significativos para os usuários do sistema.
<b>Compatibilidade</b>	Verificação da compatibilidade do sistema com as expectativas e necessidades do usuário em sua tarefa.

Fonte: baseado em