

REDES OPORTUNISTAS SEM FIO PARA O AUXÍLIO DA CONECTIVIDADE EM LOCAIS COM DIFÍCIL ACESSO: Uma Revisão Sistemática da Literatura

Robert Mady Nunes¹, Marcos D. da Conceição¹, Valber Sardi Lopes²

¹Especialista e Professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico – IFTO; membro do Grupo de Educação, Inovação e Tecnologia do Tocantins (GEDAITT) – Dianópolis – TO – Brasil. e-mail: <robert.nunes@ifto.edu.br, marcos.conceicao@ifto.edu.br>

²Mestre e Professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico – IFTO; membro do Grupo de Educação, Inovação e Tecnologia do Tocantins (GEDAITT) – Dianópolis – TO – Brasil. e-mail: <valber.lopes@ifto.edu.br>

Resumo: O presente trabalho visou a construção de uma revisão sistemática da literatura sobre o tema: Redes Oportunistas sem fio para auxiliar a conectividade em locais com difícil acesso. Onde, a finalidade da revisão foi a análise de quais tipos de periódicos o assunto Redes Oportunistas costuma inserir-se, assim como a análise da qualidade desses periódicos e se os mesmos podem ter relação com a área de conectividade de ambientes, principalmente que estão em locais de difícil acesso e que necessitem de encaminhamento oportunista para se comunicar.

Palavras-chave: Redes, Oportunistas, *Opportunistic Networks*, *Delay-Tolerant Networking*, *Store-Carry-Forward*.

1 INTRODUÇÃO

O principal impedimento para a implantação de infraestrutura de conexão à rede mundial de computadores em locais de difícil acesso, deve-se ao fato dos longos territórios que abrangem, dos problemas de relevo acidentado ou por estarem envoltos a muita interferência física de árvores, prédios ou serras, tornando alto o custo de investimento que se tem para com cabeamentos, postes, instalação e autorização de passagem de cabos aéreos ou subterrâneos. Porém, para estas localidades, as redes móveis mostram-se mais viáveis na facilidade de operação e manutenção da rede de comunicação (Boaretto 2005).

Entretanto, a utilização de rede móvel também possui seus empecilhos, como o custo e a baixa franquia de dados oferecida. Pois, de acordo com pesquisa realizada pelo Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor (IDEC 2014), a maioria dos usuários de redes móveis fazem uso de franquias de dados de até 500 MB, por ser mais viável financeiramente.

Baseado nisso, o uso de tecnologias que atendam às necessidades de conexão e que sejam de baixo custo fazem-se necessárias, como é o caso das Redes Oportunistas sem fio, que normalmente são utilizadas onde inexistente infraestrutura de tráfego de dados, a qual é uma técnica que promove a conexão utilizando-se da comunicação através da troca de informações entre seus nós, seguindo a estratégia *Store-Carry-Forward* (SFC), ou seja, os nós armazenam e encaminham a informação para outros nós até que a informação chegue ao seu destino (Moreira Junior 2014). Estratégia esta que, segundo Conti et al. (2010), dá base às teorias de *Delay-Tolerant Networking*

(DTN), ou Redes Tolerantes a Atrasos e Desconexões, a qual esta diretamente ligada ao contexto de Redes Oportunistas.

Com isso, e de forma a minimizar a problemática referente a falta de acesso à Internet em locais com difícil acesso, a utilização de Redes Oportunistas sem fio pode ser de grande valia na projeção de conexões móveis, a fim de atender o maior número de usuários possíveis, principalmente através do uso de celulares, *tablets* e outros dispositivos móveis.

Portanto, este trabalho propõe-se a realizar uma revisão sistemática sobre Redes Oportunistas sem fio, com a finalidade de analisar em que tipos de periódicos costuma-se inserir o tema e se o mesmo é difundido em periódicos que sejam relevantes para conectividade em locais de difícil acesso.

2. METODOLOGIA DA REVISÃO SISTEMÁTICA

A Revisão Sistemática propõe a confecção de questões para a realização da pesquisa, e a partir delas é realizado o levantamento dos dados para respondê-las, orientando, desta forma, a leitura e seleção dos artigos. Entretanto, além das questões é necessário estabelecer critérios de inclusão e exclusão para seleção dos artigos (Kitchenham 2004).

2.1 Questões da Revisão

O foco do trabalho foi sistematizar as buscas por artigos científicos referente a utilização de Redes Oportunistas sem fio no auxílio à conectividade, de forma a descobrir em que tipos de periódicos o assunto está presente.

As questões que o trabalho buscou responder são:

1. Os periódicos com publicações referentes a Redes Oportunistas costumam ser voltados para que tipo de conexão de dados?
2. Dado as publicações, pode-se afirmar que as Redes Oportunistas são utilizadas em locais de difícil acesso?

2.2 Seleção dos Artigos

Para o desenvolvimento do trabalho, realizou-se busca automática de artigos científicos na base IEEE Xplore (<http://ieeexplore.ieee.org>), onde o foco é trabalhos já realizados e que estavam relacionados à palavra-chave *Opportunistic Networks* (Redes Oportunistas). Para tanto, também, foram realizadas buscas de artigos científicos que continham as palavras-chave *Delay-Tolerant*

Networking (DTN), que é o contexto onde as Redes Oportunistas se inserem, e *Store-Carry-Forward*, o qual é o paradigma em que as Redes Oportunistas faz uso.

2.3 Classificação dos Artigos

Os artigos científicos foram classificados por periódicos (*Journals and Magazines*) da IEEE Xplore, entre os anos de 2002 até 2017, e que possuíam *Qualis* A1 e A2. Sendo que, esta classificação teve a finalidade de responder as questões propostas pela pesquisa.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Baseado nas informações obtidas com todo o estudo que envolve o cenário da utilização, em locais de difícil acesso, de Redes Oportunistas, as quais estão diretamente vinculadas ao paradigma *Store-Carry-Forward* e as Redes Tolerantes a Atrasos e Desconexões, as subseções posteriores apresentarão um levantamento da quantidade e da qualidade de periódicos da IEEE Xplore que possuem publicações sobre o tema, assim como determinar em que áreas estes periódicos estão especializados.

3.1 Retorno das Buscas

Com as buscas foram elencados os periódicos que mais retornaram artigos científicos relacionados às palavras-chave propostas, e que estavam dentro das normas de inclusão e exclusão estabelecidas para as consultas, os quais estão sintetizados na tabela 1.

Tabela 1 – Relação de *Qualis* dos periódicos com mais Artigos encontrados.

Nome do Periódico IEEE	<i>Qualis</i>
<i>Communications Magazine</i>	A1
<i>Communications</i>	A1
<i>Parallel and Distributed Systems</i>	A1
<i>Communications Letters</i>	A1
<i>Wireless Communications</i>	A1
<i>Vehicular Technology</i>	A1
<i>Mobile Computing</i>	A2

Onde:

- O *IEEE Communications Magazine*, que é um periódico especializado em publicações nas áreas de conectividade de computadores através de meios ópticos, com fio e sem fio;
- O *IEEE Wireless Communications*, que é um periódico especializado em publicações nas áreas de conectividade através de meios sem fio e móveis;
- O *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, que é um periódico especializado em publicações serviços móveis terrestres, aéreos e marítimos, eletrotécnica de veículos, equipamentos e sistemas identificados com a indústria automotiva;
- O *IEEE Transactions on Communications* (TCOM), que é um periódico especializado em comunicações sem fio, com fio e ópticas. Sendo que, o principal foco do periódico são publicações voltados para a camada física dos sistemas de comunicação;
- O *IEEE Communications Letters*, que é um periódico especializado em comunicações sem fio, com fio e ópticas, assim como redes de sensores, redes heterogêneas, arquitetura TCP/IP, protocolos e outros;
- O *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems* (TPDS), que é um periódico especializado em sistemas paralelos e distribuídos, com foco em algoritmos, estruturas, paradigmas, arquiteturas, base de dados, dentre outros;
- O *IEEE Transactions on Mobile Computing*, que é um periódico que dá ênfase a publicações técnicas relacionadas às arquiteturas, serviços de suporte, algoritmos, projeto e análise de protocolos, ambientes móveis, sistemas de comunicação móvel, aplicações e tecnologias emergentes.

3.2 Busca por Redes Oportunistas (*Opportunistic Networks*)

A busca refinada pela palavra-chave *Opportunistic Networks* apresentou um retorno com mais de 785 artigos científicos. Onde, o periódico *IEEE Wireless Communications* obteve 31% do total dos artigos, o periódico *IEEE Transactions on Vehicular Technology* obteve 23% e o periódico *IEEE Transactions on Mobile Computing* obteve 13%. Sendo que, o restante dos periódicos, juntos, retornaram 33% dos artigos, como mostra a tabela 2.

Tabela 2 – Relação de periódicos consultados com *Opportunistic Networks*.

Nome do Periódico IEEE	<i>Quant. entre 2002 até 2017</i>
<i>Communications Magazine</i>	43 artigos
<i>Communications</i>	85 artigos
<i>Parallel and Distributed Systems</i>	31 artigos
<i>Communications Letters</i>	96 artigos
<i>Wireless Communications</i>	245 artigos
<i>Vehicular Technology</i>	104 artigos
<i>Mobile Computing</i>	181 artigos

3.3 Busca por *Delay-Tolerant Networking*

A busca refinada pela palavra-chave *Delay-Tolerant Networking*, referente a Redes Tolerantes a Atrasos e Desconexões, retornou 219 artigos científicos. Onde, o periódico *IEEE Transactions on Mobile Computing* retornou 26.5% do total dos resultados, o periódico *IEEE Transactions on Vehicular Technology* retornou 26% e o periódico *IEEE Wireless Communications* retornou 17.8%. Sendo que, os demais periódicos retornaram 29.7% dos artigos, conforme tabela 3.

Tabela 3 – Relação de periódicos consultados com *Delay-Tolerant Networking*.

Nome do Periódico IEEE	<i>Quant. entre 2002 até 2017</i>
<i>Communications Magazine</i>	16 artigos
<i>Communications</i>	12 artigos
<i>Parallel and Distributed Systems</i>	23 artigos
<i>Communications Letters</i>	14 artigos
<i>Wireless Communications</i>	39 artigos
<i>Vehicular Technology</i>	57 artigos
<i>Mobile Computing</i>	58 artigos

3.4 Busca por *Store-Carry-Forward*

A busca refinada referente a palavra-chave *Store-Carry-Forward* retornou 31 artigos científicos. Onde, o periódico *IEEE Transactions on Vehicular Technology* retornou 29% dos artigos, o periódico *IEEE Communications Letters* retornou 25.8% e o periódico *IEEE*

Transactions on Mobile Computing retornou 22.6%. Sendo que, os demais periódicos retornaram os 22.6% dos artigos científicos, como apresenta a tabela 4.

Tabela 4 – Relação de periódicos consultados com *Store-Carry-Forward*.

Nome do Periódico IEEE	Quant. entre 2002 até 2017
<i>Communications Magazine</i>	2 artigos
<i>Parallel and Distributed Systems</i>	3 artigos
<i>Communications Letters</i>	8 artigos
<i>Wireless Communications</i>	2 artigos
<i>Vehicular Technology</i>	9 artigos
<i>Mobile Computing</i>	7 artigos

3.5. Tendências nas Buscas

Com os resultados das buscas refinadas, pôde-se determinar as características das áreas especializadas onde mais se publicam trabalhos sobre Redes Oportunistas, assim como, também, para Redes Tolerantes a Atrasos e Desconexões e para o paradigma *Store-Carry-Forward*.

Para a busca refinada utilizando a palavra-chave *Opportunistic Networks* a tendência foi que os artigos publicados estão diretamente relacionados às áreas de conexões *wireless*, conexões móveis, serviços móveis terrestres, serviços móveis aéreos, serviços móveis marítimos, ambientes e sistemas móveis, e aplicações e tecnologias emergentes.

A busca refinada utilizando a palavra-chave *Delay-Tolerant Networking* mostrou tendências idênticas a da busca com *Opportunistic Networks*, onde os trabalhos desenvolvidos estão relacionados as áreas de conexões *wireless*, conexões móveis, serviços móveis terrestres, serviços móveis aéreos, serviços móveis marítimos, ambientes e sistemas móveis, e aplicações e tecnologias emergentes.

Por fim, a busca refinada pela palavra-chave *Store-Carry-Forward* apresentou tendências semelhantes as anteriores, onde os artigos estão relacionados as áreas de comunicações sem fio, com fio, ópticas, redes de sensores, assim como serviços móveis terrestres, aéreos, marítimos, ambientes e sistemas móveis, e aplicações e tecnologias emergentes.

Desta forma, é possível precisar que o foco dos trabalhos relacionados a Redes Oportunistas está vinculada, em sua maioria, a conectividade móvel, a qual pode ser inserida em diversos tipos de ambientes, com o propósito de fornecer comunicação de dados com facilidades de operação e manutenção. Com isso, também, é possível afirmar que as Redes Oportunistas podem ser de grande contribuição para locais de difícil acesso, fornecendo conectividade móvel onde as conexões cabeadas não possam atender.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou estudos com a finalidade de identificar se a utilização de Redes Oportunistas podem ser de auxílio na conectividade em locais de difícil. Para tanto, foi desenvolvida uma revisão sistemática sobre o assunto, a fim de verificar em que áreas e quais tipos de periódicos da IEEE abordam a temática.

Com base na revisão apresentada, foi possível compreender melhor que trabalhos relacionados a Redes Oportunistas sem fio estão sendo publicados em grandes quantidades nos últimos 15 anos e que costumam estar presentes em periódicos com alto nível de qualidade.

A partir das análises de buscas foi possível constatar, também, que os assuntos referentes a Redes Oportunistas estão diretamente ligados às áreas de conexões móveis, como: Redes de sensores; serviços móveis terrestres; serviços móveis aéreos; serviços móveis marítimos; ambientes móveis; sistemas móveis; aplicações e tecnologias emergentes.

Portanto, baseado na revisão sistemática desenvolvida, acredita-se que o uso de Redes Oportunistas sem fio, as quais estão inseridas no contexto de Redes Tolerantes a Atraso e Desconexão, e que fazem uso da conectividade móvel, podem ser abordadas para auxiliar na conectividade de locais com difícil acesso.

REFERÊNCIAS

BOARETTO, Neury.. **Tecnologia de comunicação em sistema SCADA-enfoque em comunicação wireless com espalhamento espectral**. Monografia (Mestrado em Engenharia de Produção) CEFET-PR, Ponta Grossa.. 2005.

CONTI, M., GIORDANO, S., MAY, M., et al.,. **From Opportunistic Networks to Opportunistic Computing**. IEEE Communications Magazine, v. 48, n. 9, pp. 126-139, Sep. 2010.



Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor - IDEC.. **Relatório da Enquete sobre Internet móvel.** 2014.

KITCHENHAM, Barbara.. **Procedures for performing systematic reviews.** Keele, UK, Keele University 33.20041-26. 2004.

MOREIRA Junior, Waldir Aranha.. **Social-aware opportunistic routing.** 2014.