

4 Análise de Resultados

No presente Capítulo serão apresentados os distintos cenários para os quais foram feitos testes buscando avaliar o comportamento dos algoritmos em questão.. Primeiramente será descrito o esquema de simulação e seguir os testes realizados serão analisados.

4.1 Esquema de Simulação

Uma vez apresentados os algoritmos no Capítulo 3 pode se definir o esquema de simulação que nos permitirá realizar os diferentes testes. O esquema implementado pode ser dividido em três blocos. O primeiro é o bloco no qual se encontra a aplicação de coleta de dados, daqui para frente nos referiremos a mesma como aplicação de teste. No segundo bloco estão os algoritmos que visam minimizar o consumo energético da rede, o TinyDTNBOR e o TinyDTRNG. No terceiro nível se encontra o calculo das métricas RSSI e LQI com as quais se procurara garantir a qualidade da comunicação. Este esquema é apresentado na Figura 4.1.

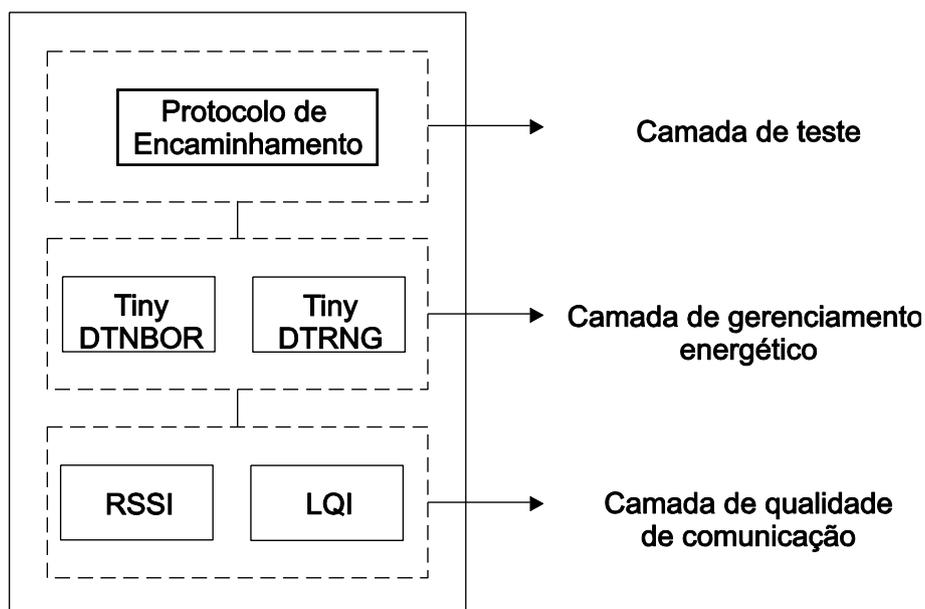


Figura 4.1: Esquema de simulação

No esquema apresentado pode se verificar a existência de um tipo de hierarquia sendo que o bloco que se encontra na camada mais alta tem comunicação ou acesso a informações daqueles que se encontram em camadas mais baixas. Por exemplo, a aplicação de coleta de dados pode ter acesso as informações que são fornecidas pelas métricas da camada de qualidade de comunicação. Cabe lembrar que a camada de teste é a que nos permite testar os algoritmos nas mesmas condições e comparar as soluções com uma rede configurada para potências máximas.

Foram realizadas provas com cada um dos blocos exibidos no esquema de simulação, respeitando sempre as ligações do sistema apresentado. Por exemplo, para o trabalho em questão não faz sentido conduzir uma simulação isolada da camada de qualidade já que sem os outros dois blocos esta acaba outorgando uma informação que não tem nenhum significado, o correto é orientar uma simulação na qual todas as camadas fiquem interligadas sempre levando em conta a hierarquia das mesmas.

Um dos objetivos da nossa dissertação é avaliar os algoritmos em termos energéticos, a métrica de nosso interesse é o consumo energético no chip do radio mais especificamente o consumo na transmissão dos dados, o simulador Avrora fornece esta estatística. Na continuação será apresentado o roteiro seguido para atingir este objetivo.

Primeiramente se obteve resultados para a aplicação de teste com potências máximas, na Figura 4.2 se observa o esquema de simulação para este primeiro teste.

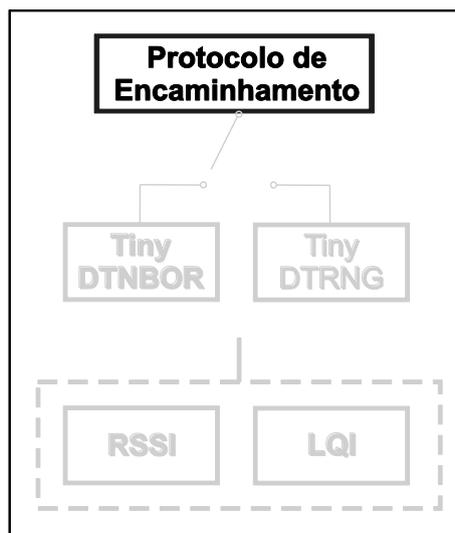


Figura 4.2: Esquema para obtenção de resultados com potências máximas

A seguir foram simulados os algoritmos de gerenciamento energético para que depois a aplicação de coleta de dados realize sua função, mas desta vez consultando as tabelas do TinyDTNBOR e do TinyDTRNG respectivamente, permitindo assim que a aplicação de coleta de dados trabalhe com potências variáveis. Com estes resultados poderemos fazer comparações com o primeiro caso acima mencionado. Na figura 4.3 o esquema de simulação para potências variáveis é ilustrado, podendo se observar como a aplicação pode trabalhar com ambos algoritmos, um por vez, permitindo obter mais dois resultados que podem ser comparados.

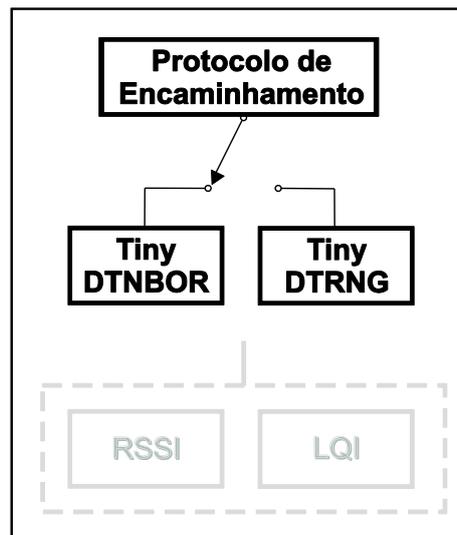


Figura 4.3: Esquema de simulação para sistema com potências variáveis

Como foi descrito anteriormente, no caso da última camada pretende-se obter certo tipo de critério que permita garantir uma boa qualidade de comunicação (a mesma está ligada a perda de pacotes), por isso levou-se a cabo uma análise destas duas métricas, com a finalidade de decidir qual delas ou se o uso de ambas nos permite criar o critério procurado.

Na Figura 4.4 o esquema final com critério de qualidade de comunicação o qual nos permite demonstrar que pode-se trabalhar configurando os níveis de potência sem perder a qualidade do sistema.

Trabalhou-se com quatro cenários distintos, para assim conseguir analisar o comportamento do esquema com distintas topologias e condições.

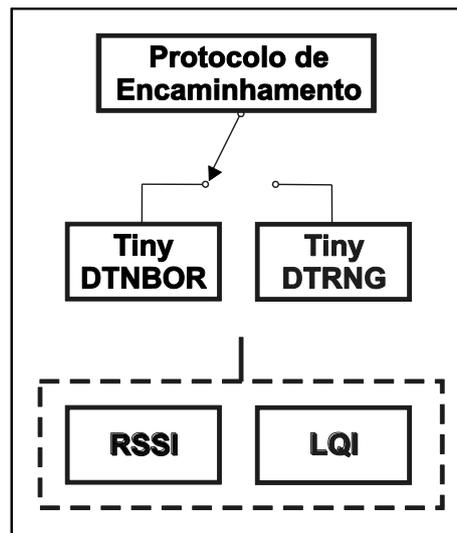


Figura 4.4 Esquema de simulação para sistema com potências variáveis

4.1.2 Métricas

Os algoritmos implementados visam gerenciar a energia no processo de transmissão por isso determinou-se que a melhor métrica para avaliar o desempenho deles é a quantidade de energia necessária por pacote enviado. Foram feitos testes variando o número de pacotes enviados. Isto é possível já que a quantidade de envios periódicos pode ser controlada refletindo o comportamento das distintas configurações com relação ao consumo de energia na transmissão buscando determinar o comportamento daquelas em relação aos critérios adotados. A frequência do envio de pacotes pode ser variada na aplicação.

Cenário A

Este cenário busca demonstrar o funcionamento dos algoritmos e as mudanças que eles causam na topologia, por isso se trabalhou com uma configuração básica que nos permita corroborar que eles estão cumprindo as funções descritas nos seus pseudocódigos e diagramas de fluxo. Pela natureza demonstrativa deste cenário se fez o teste de uma transmissão e foram analisadas as mudanças na topologia proposta. Na Seção 4.2 se encontra o análise feito.

Cenários B e C

Para estes cenários se fizeram testes até as 350 transmissões, os mesmos representam ao redor de meia hora em tempo real. Foi considerada a frequência de um pacote cada 4.7 segundos. Cabe lembrar que pela complexidade computacional os testes realizados no simulador consomem uma grande

quantidade de tempo. Na Seção 4.3 e 4.4 os resultados obtidos para cada um dos cenários respectivamente.

Cenário D

Para este cenário se fizeram testes até as 150 transmissões. Foi considerada a frequência de um pacote cada 4.7 segundos. Na Seção 4.5 os resultados obtidos e o análise dos mesmos para o cenário em questão.

4.2

Cenário A

Escolheu se uma topologia de três nós, os quais em principio conseguem se enxergar uns aos outros com suas potências máximas, assim cada nó terá dois vizinhos e a topologia formará um ciclo o que nos permitirá realizar a comprovação das funcionalidades do algoritmo TinyDTRNG. Na Figura 4.5 é mostrado o grafo de comunicação da topologia A, lembrando que nesta a ligação entre dois nós representa que ambos nós se encontram no raio de transmissão do outro, em outras palavras são nós vizinhos.

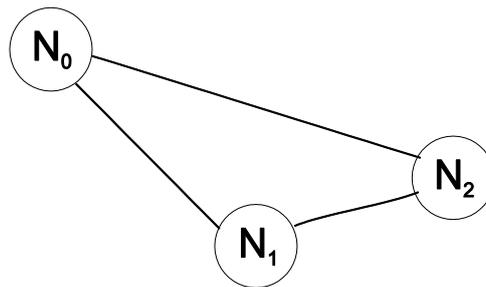


Figura 4.5: Grafo de comunicação da topologia A

Uma vez que se realiza a simulação do protocolo de coleta de dados a topologia sofre mudanças às mesmas são exibidas na Figura 4.6, na mesma pode se observar como o nó 0 começa a fase de descoberta de rota enviando uma mensagem e os nós 1 e 2 recebem a mesma, como todos os nós da rede já receberam uma mensagem a topologia fica definida.

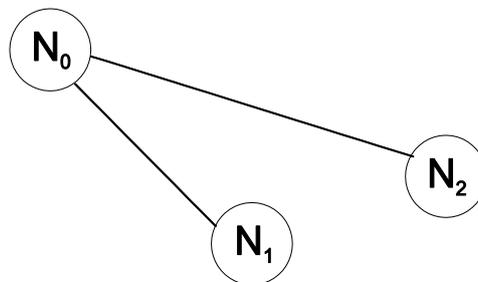


Figura 4.6: Grafo de comunicação do protocolo de coleta de dados para a Topologia A

O algoritmo TinyDTNBOR não causa mudanças na topologia ele só faz uso da topologia da Figura 4.5, mas desta vez variando as potências de transmissão.

O algoritmo TinyDTRNG, exibido na Seção 3.2.2, causa mudanças na topologia já que como foi apresentado anteriormente este algoritmo realiza um processo de depuração que causa mudanças nas tabelas de vizinhança que são as que determinam a topologia. Neste caso pontual, o TinyDTRNG elimina a ligação entre 0 e 2. Deste modo na tabela do nó zero só permanecerá a potência para se comunicar com o nó 1. Portanto quando aconteça a simulação do protocolo de coleta de dados o nó 0 só poderá se comunicar com 1 que propagará essa mensagem para que todos nós da rede tenham recebido a mensagem, condição do protocolo exibido na Seção 3.2.3. Na figura 4.7 pode se observar a influencia do TinyDTRNG na topologia.

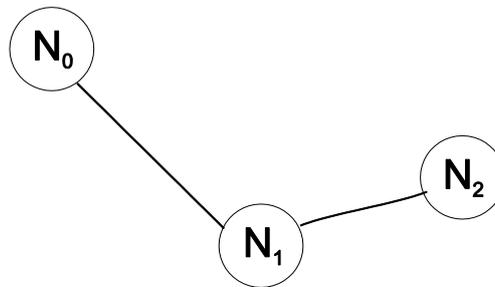


Figura 4.7: Grafo de comunicação do protocolo de coleta de dados com as potências da tabela criada por TinyDTRNG para a Topologia B

4.3 Cenário B

Uma vez que as funções dos algoritmos foram comprovadas nas condições do cenário A, foi feita uma avaliação dos algoritmos em um cenário com mais nós para verificar se os comportamentos observados no primeiro cenário produzem melhoras no rendimento energético.

Para este segundo cenário foi considerada uma topologia com dez nós que se encontram espalhados num plano. Na topologia em questão cada nó não será vizinho de todos os outros nós, mas consegue ter no mínimo um vizinho para garantir a conectividade da rede. Ao final teremos uma configuração na qual alguns nós precisam de vários saltos para encaminhar suas mensagens ao nó fonte, conforme mostrado na Figura 4.8.

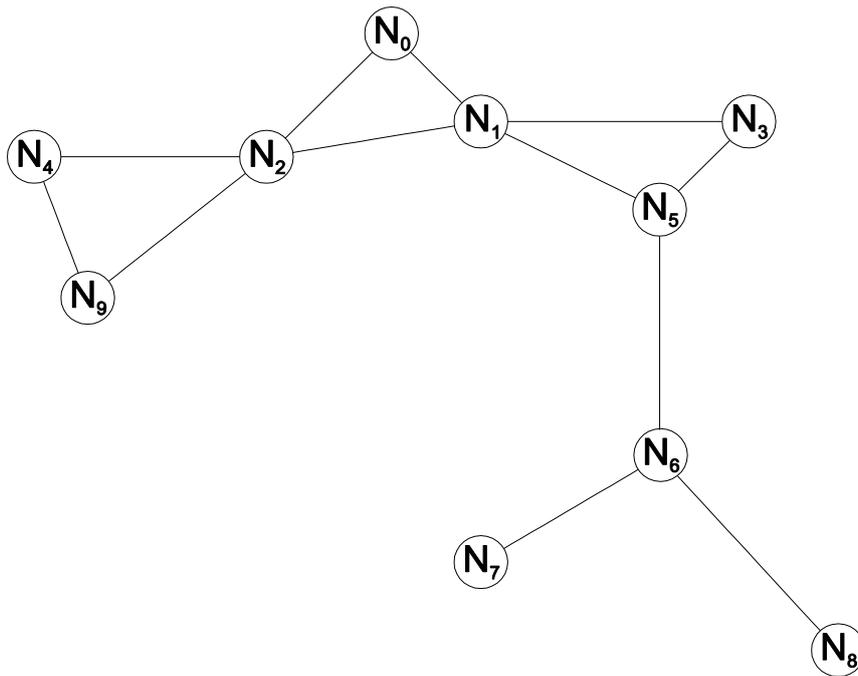


Figura 4.8: Grafo de comunicação da topologia B

Uma vez que tenha sido proposta a topologia pode se passar a seguir o roteiro descrito na seção 4.1. Começou-se realizando a simulação só do protocolo de coleta de dados, ele foi descrito na Seção 3.2.3. Como foi observado no primeiro cenário a fase de descoberta de rota causa mudanças na topologia proposta e o resultado dessas mudanças podem ser observadas na figura 4.9.

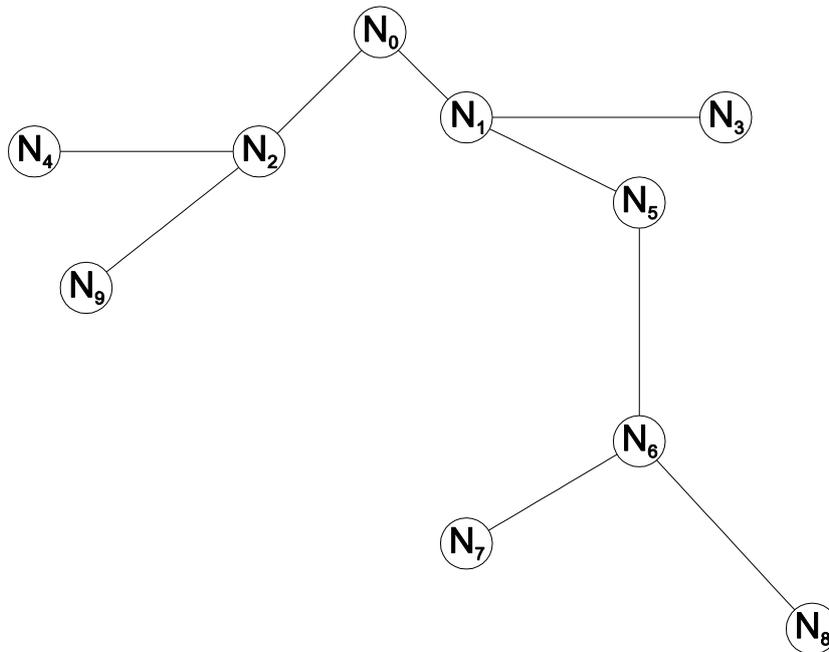


Figura 4.9: Grafo de comunicação do protocolo de coleta de dados para a Topologia B

A seguir foi simulado o protocolo de teste com o algoritmo TinyDTNBOR, apresentado na Seção 3.2.1, conseguindo assim que a aplicação de coleta de dados consiga configurar suas potências de maneira variável. a partir dos valores achados na tabela que TinyDTNBOR formou. Neste caso a topologia não sofre mudanças.

Por ultimo foi conduzida a simulação do protocolo de teste com o algoritmo TinyDTRNG, exibido na Seção 3.2.2, e neste caso aconteceram mudanças na topologia. Na Figura 4.10 é apresentada a topologia com as mudanças causadas pelo algoritmo de gerenciamento energético.

Para avaliar o nosso esquema de simulação fizemos uso da métrica definida na Seção 4.1.2.

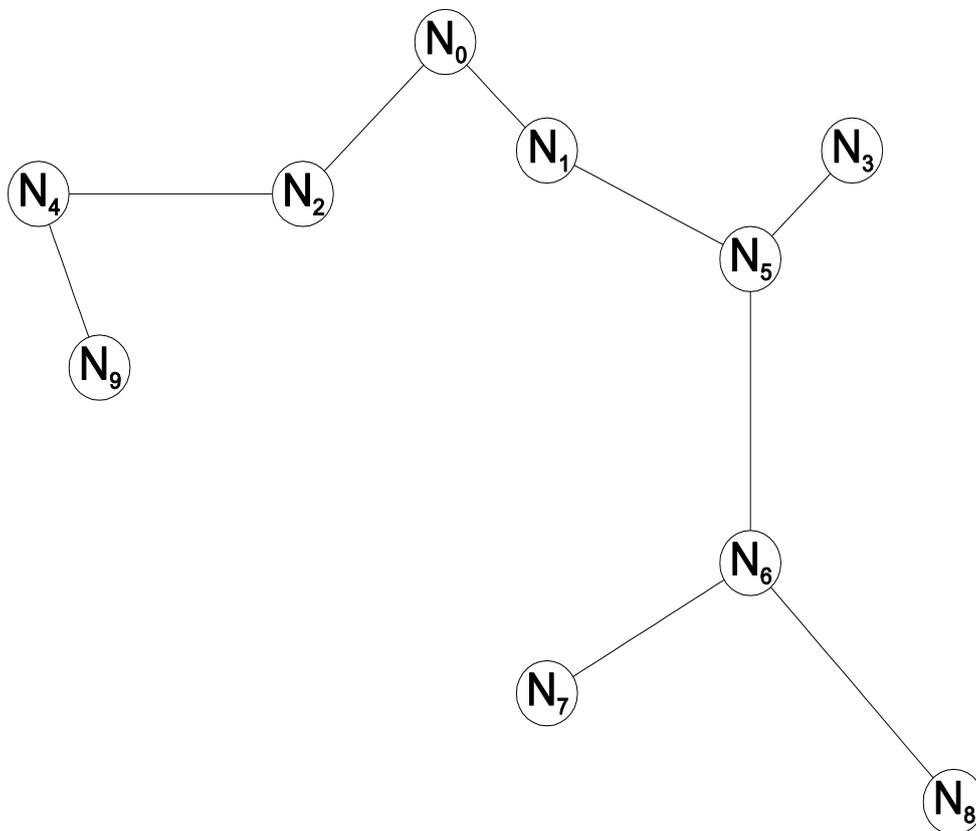


Figura 4.10: Grafo de comunicação do protocolo de coleta de dados com as potências da tabela criada por TinyDTRNG para a Topologia B

Coleta de dados com potências máximas

Na Figura 4.11 é apresentado o comportamento da aplicação de teste com potências máximas. Mediante esta figura pode ser confirmado que a energia consumida na transmissão é diretamente proporcional ao número de pacotes enviados na rede e, portanto ao número de nós na mesma. Os pontos representam os resultados obtidos nas simulações e novamente, como

esperado, o consumo de energia na transmissão tem um comportamento linear respeito à quantidade de envios. Com os resultados obtidos se fez uma regressão linear para poder extrapolar o consumo energético para uma maior quantidade de pacotes enviados.



Figura 4.11: Coleta de dados com potências máximas para a Topologia B

Coleta de dados com potências variáveis da tabela TinyDTNBOR

Na Figura 4.12 é apresentado o comportamento da coleta de dados com potências variáveis, as mesmas que foram obtidas da tabela gerada pelo algoritmo TinyDTNBOR, neste caso também se evidenciou um comportamento linear com o número de transmissões e se confirmou a relação proporcional entre as variáveis analisadas. Como para os dados da Figura 4.11, foi conduzida uma regressão linear com os resultados, o análise desta regressão é igual ao do caso anterior, os dados se ajustam com sucesso a da linha de regressão.

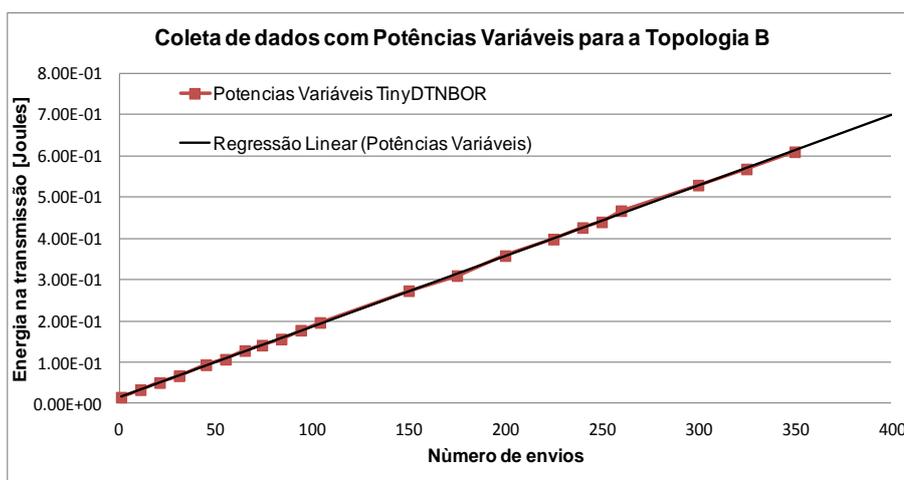


Figura 4.12: Coleta de dados com potências variáveis de TinyDTNBOR para a Topologia B

Coleta de dados com as potências variáveis da tabela TinyDTRNG

No último teste conduzido para a presente topologia se avalio a coleta de dados fazendo uso das tabelas TinyDTRNG, os resultados são apresentados na Figura 4.13, se comprovo que o comportamento é similar aos dos seus dois antecessores.

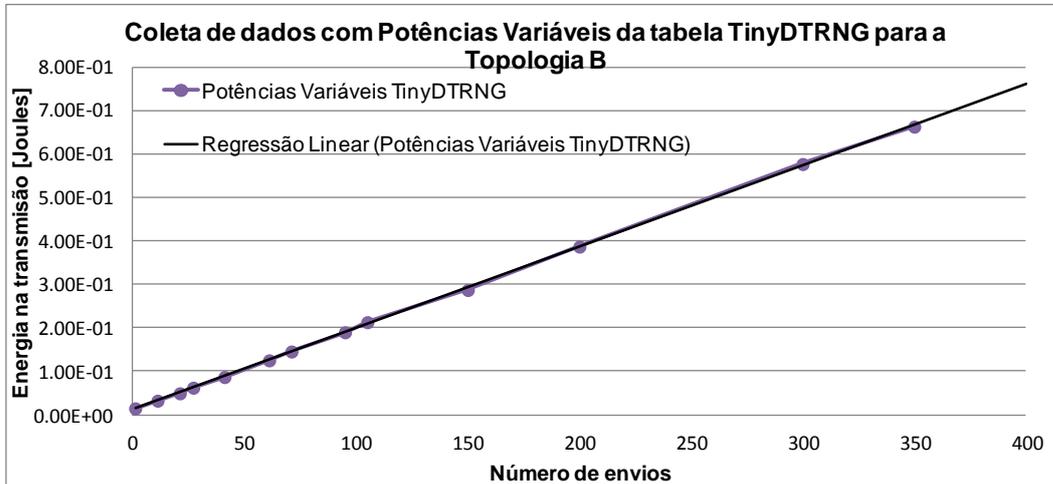


Figura 4.13: Coleta de dados com potências variáveis de TinyDTRNG para a Topologia B

Pode se observar a diferença de consumo energético na transmissão entre os resultados obtidos nas figuras 4.11, 4.12 e 4.13, por exemplo, com 350 envios e potências máximas a energia consumida na transmissão no cenário da Figura 4.11 se encontra ao redor dos 0.7 Joules Já na Figura 4.12 fazendo uso de potências variáveis a energia consumida se encontra ao redor dos 0.6 Joules. Finalmente, para o caso da Figura 4.13, coleta de dados que faz uso das potências da tabela montada por TinyDTRNG o consumo é de 0.66J. Analisando estes resultados pode se confirmar que as diferenças entre os consumos energéticos dos resultados com potências máximas e os de gerenciamento energético variam respeito à quantidade de envios, cabe aclarar que para o presente projeto o termo diferença representa a seguinte equação:

$$\Delta_e = Energia_{\max} - Energia_{GE} \quad (6)$$

Na qual $Energia_{\max}$ representa o consumo energético no processo de transmissão para a aplicação de coleta de dados com potências máximas e $Energia_{GE}$ é o consumo energético da aplicação de coleta de dados usando as potências da tabela do TinyDTNBOR ou do TinyDTRNG.

Para nosso análise foi elaborada a Figura 4.14, que exhibe o comportamento das diferenças, a mesma também pode ser vista como a

representação da energia salva graças ao uso das tabelas de vizinhança do TinyDTNBOR e do TinyDTRNG.

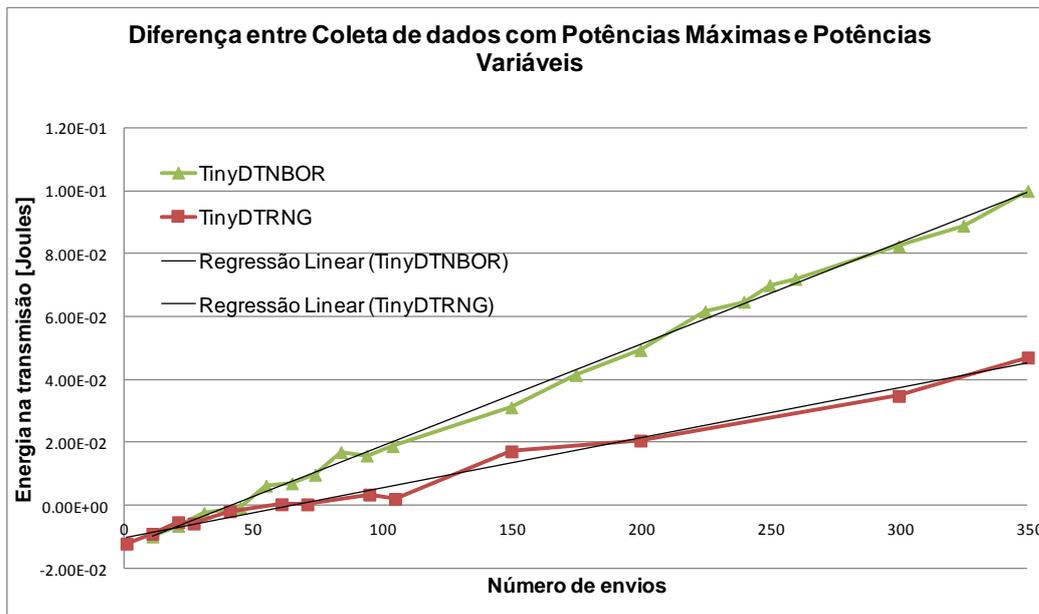


Figura 4.14: Economia de energia na transmissão de TinyDTNBOR e TinyDTRNG respeito a Potências Máximas

O primeiro detalhe relevante que pode ser observado na Figura 4.14 é que a diferença, tanto quanto se usa DTNBOR ou DTRNG, é diretamente proporcional ao número de pacotes enviados, isto nos permite dizer que enquanto maior seja a quantidade de envios maior será o valor de energia economizado. Por outro lado quando a quantidade de pacotes enviados é pequena a diferença tem um valor negativo, isto significa que o resultado com potências máximas gasta menos energia que o resultado com potências variáveis. Embora esta constatação parece não fazer sentido existe uma explicação para que isso aconteça, os algoritmos descritos no Capítulo 3, realizam uma série de pré-processos para montar suas respectivas tabelas de vizinhança, ou seja, os mesmos tem um custo energético inicial que quando existem poucas transmissões não é compensado pela energia economizada com o uso dos algoritmos de gerenciamento energético. Portanto o resultado final é um pequeno aumento no consumo de energia.

Mediante a extrapolação realizada pode se estimar os custos energéticos nas transmissões para um período de tempo maior para demonstrar o impacto positivo dos algoritmos foi feita a medida dos custos energéticos do sistema funcionando durante uma semana com uma frequência de envio de 4.7 segundos por pacote, o ponto de partida deste cálculo foram os resultados para

obtidos para o maior número de envios (350), na Figura 4.15 é apresentada esta extrapolação, nesta pode se observar o porcentagem de energia salvado respeito à configuração que trabalha com potências máximas (representamos o consumo dela com o 100%). Pode se observar que a aplicação que faz uso de potências variáveis da tabela TinyDTNBOR consegue economizar um 16% de energia que corresponde ao valor equivalente a um dia de operação da aplicação com potências máximas. Já a coleta de dados que faz uso das tabelas do TinyDTRNG consegue economizar um 8% para o mesmo tempo de operação. O comportamento do algoritmo TinyDTRNG deve ser avaliado já que em teoria ele elimina as tabelas com as conexões que usam as potências mais elevadas pelo qual ele deveria ter um consumo menor do que no teste que faz uso das potências da tabela montada por TinyDTNBOR.

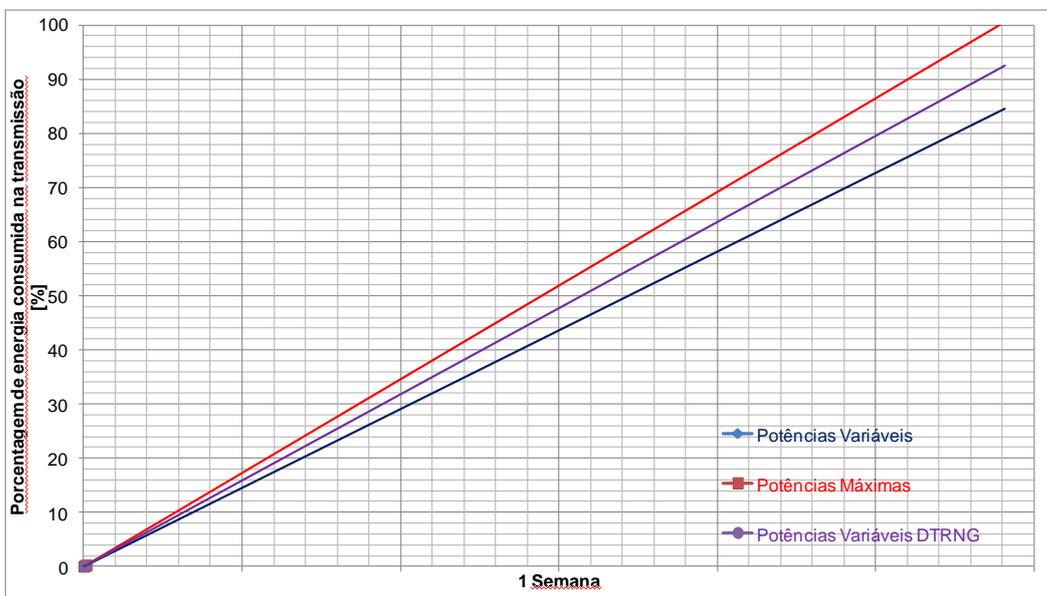


Figura 4.15: Extrapolação dos resultados obtidos para um tempo igual a uma semana de funcionamento para a topologia B

Para analisar a razão do consumo mais elevado da aplicação quando fez uso do algoritmo TinyDTRNG com relação a quando se faz uso do algoritmo TinyDTNBOR, foram analisadas as partes da topologia que sofreram mudanças com cada um dos processos. A Figura 4.15 ilustra essas mudanças na topologia, sendo que primeiramente em 4.16(a) é exibida a topologia proposta seguida em 4.16(b) por a topologia gerada pelo algoritmo de coleta de dados e por ultimo em 4.16(c) a topologia que utiliza a coleta de dados quando busca as potências de transmissão nas tabelas do TinyDTRNG. As topologias completas foram apresentadas nas figuras 4.8, 4.9, 4.10. Também são apresentadas na Figura 4.16 as potências de transmissão de cada enlace.

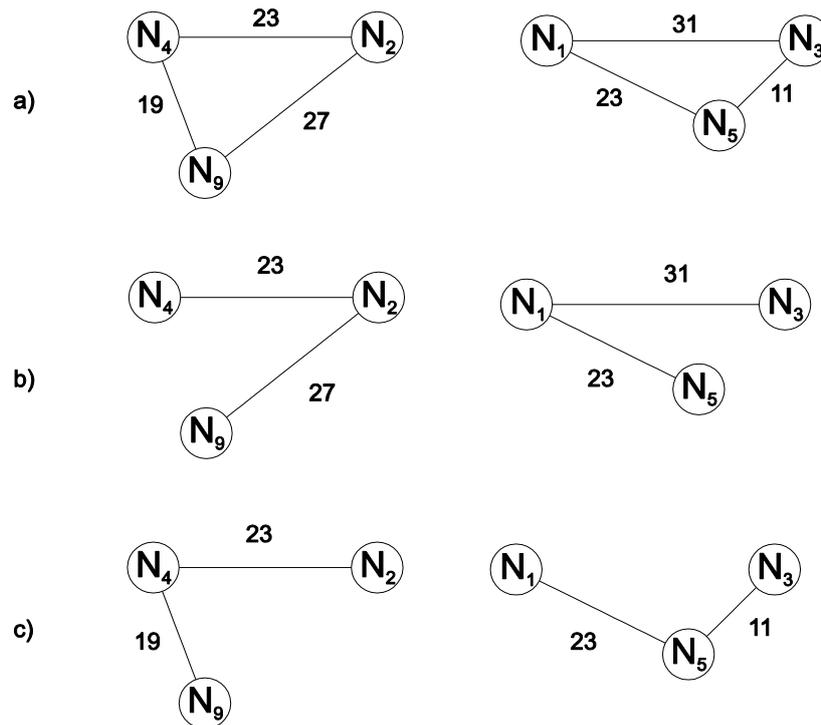


Figura 4.16: Análise do comportamento da aplicação com TinyDTRNG

O comportamento do TinyDTRNG pode ser justificado com dois motivos, o primeiro pode ser evidenciado na Figura 4.16, é necessário lembrar que o nó 1 e o nó 2 estão a um salto de distancia do nó fonte, quando TinyDTRNG faz o seu processo para depurar a tabela ele obriga aos nós 3 e 9 a fazer o roteamento por médio de outro vizinho, para que as mensagens destes nós cheguem no nó fonte elas realizam um salto a mais que na topologia de coleta de dados o qual causa um potencial consumo energético maior devido a que as probabilidades de ter colisões se incrementam por tanto o número de reenvios é maior causando um impacto direto no consumo energético na transmissão. O segundo motivo é que embora o TinyDTRNG elimine a ligação que usa a maior potência isto não sempre minimizara o somatório de potências da rede.

Pode se ver que o comportamento do TinyDTRNG é difícil de generalizar e só resultará vantajoso em cenários muito específicos, por outro lado a aplicação realizada não é a melhor para testar este algoritmo, por todas as razões pranteadas daqui para frente não se conduziram mais simulações com este algoritmo.

4.4 Cenário C

Neste cenário procurou se avaliar outro tipo de topologia, para este caso se desenhou uma topologia de dez nós na qual todos os nós conseguem

enxergar todos os nós da rede, este tipo de topologia é conhecido como topologia totalmente conectada e na Figura 4.17 é exibida a topologia escolhida.

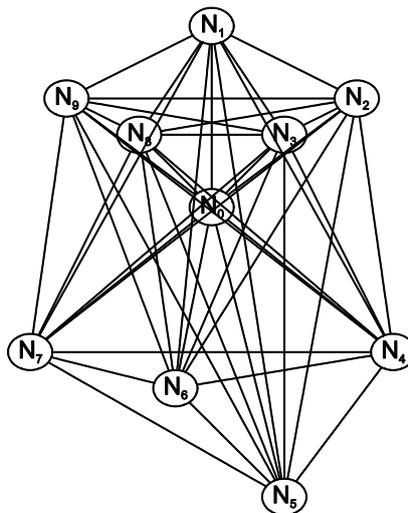


Figura 4.17: Grafo de comunicação da topologia C

Uma vez definida a nova topologia foi simulada a aplicação de coleta de dados com potências máximas e imediatamente depois com potências variáveis para fazer umas comparações dos dois resultados obtidos. Na Figura 4.18 o grafo de comunicação da aplicação de coleta de dados, tem uma topologia do tipo estrela.

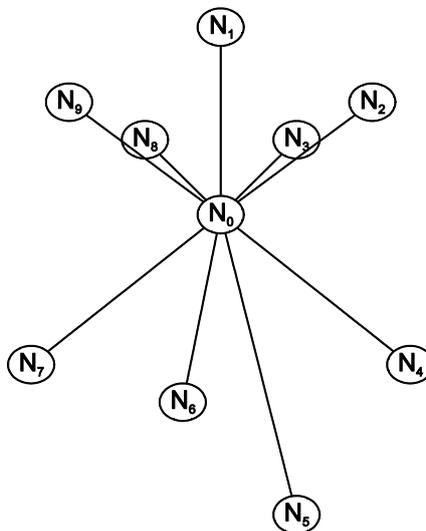


Figura 4.18: Grafo de comunicação do protocolo de coleta de dados para a Topologia C

As configurações de simulação são as mesmas do cenário B, frequência do envio de pacotes é igual a um pacote a cada 4.7 segundos, e com limite de até 350 transmissões em cada teste.

Na Figura 4.19 são apresentados os resultados da aplicação de coleta de dados com potências máximas e com potências variáveis. Como era esperado a partir das análises dos outros cenários, se evidenciou mais uma vez o comportamento linear dos resultados com respeito às métricas escolhidas e as relações definidas na Seção 4.3 foram confirmadas.

Observando os resultados tem-se que neste cenário o custo da montagem das tabelas é muito alto, isto se deve a que como todos os nós são vizinhos uns dos outros e portanto precisam trocar muitas mensagens para determinar as suas potências de transmissão mínimas. Desta forma apenas a partir de um número maior de transmissões é possível economizar recursos.

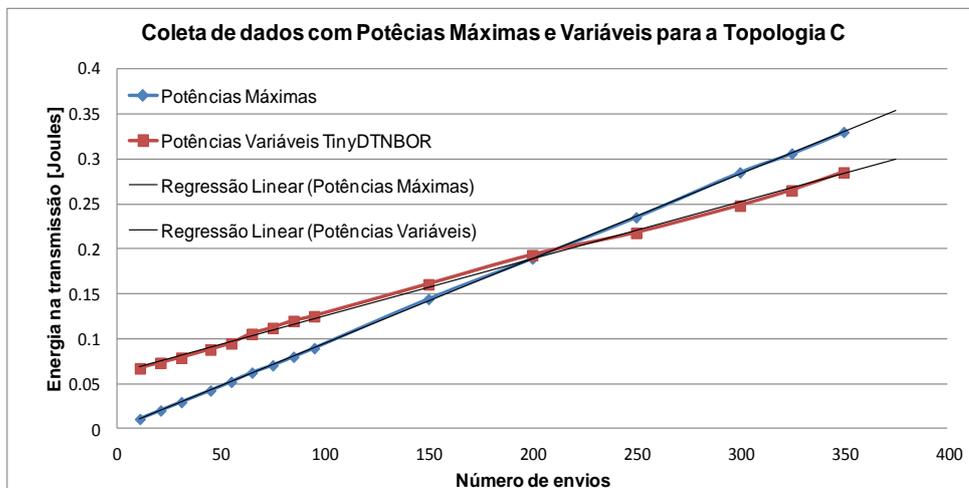


Figura 4.19: Coleta de dados com potências máximas e variáveis de para a Topologia C

Para comparar os diferentes cenários nas mesmas condições foi elaborada a Figura 4.20 que apresenta o conceito de Δ_e definido em (6), para a topologia em questão.

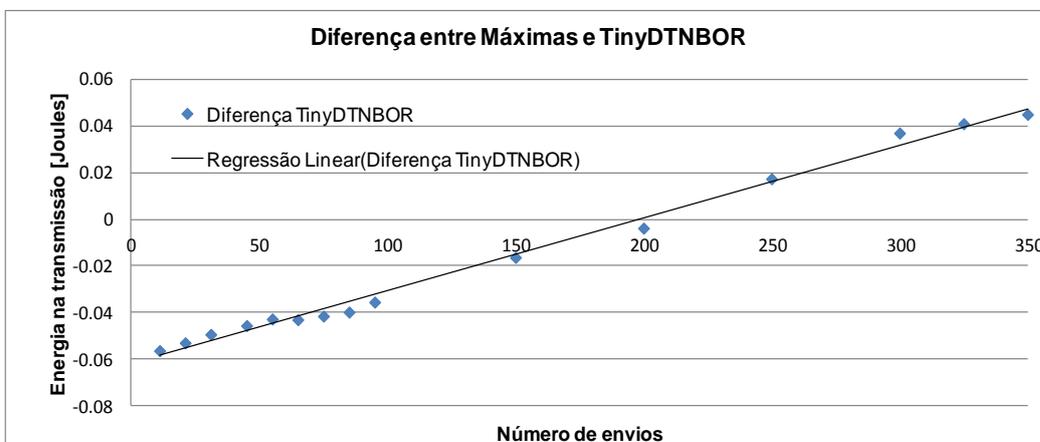


Figura 4.20: Economia de energia na transmissão de DTNBOR com respeito a Potências Máximas

Na Figura 4.20 pode se observar o crescimento linear do valor da diferença, mas também pode se observar que o cenário precisa de uma quantidade significativa de envios para alcançar alguma economia.

Por último foi conduzida uma extrapolação, visando obter um resultado com uma maior quantidade de envios e que nos permita comparar os resultados obtidos neste cenário com os do cenário B, a extrapolação é apresentada na Figura 4.21. A seguir se apresentam os custos energéticos do sistema operando durante uma semana numa frequência de envio de 4.7 segundos por pacote. Verificou-se que para este maior intervalo de tempo à aplicação que trabalha com as potências de TinyDTNBOR consegue economizar um 33% de energia que corresponde ao valor equivalente a dois dias e meio de operação da aplicação com potências máximas.

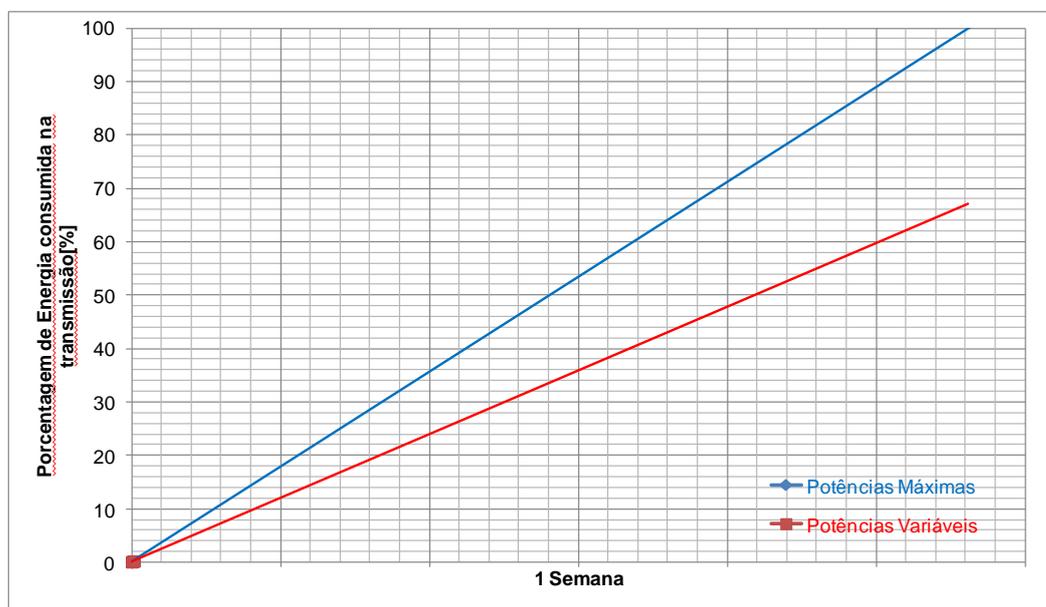


Figura 4.21: Extrapolação dos resultados obtidos para um tempo igual a uma semana de funcionamento para a topologia C

4.5 Cenário D

Neste cenário foi acrescentado um critério que nos permita ter uma boa qualidade de comunicação para aplicações que precisarem de uma baixa taxa de perda de pacotes. Inicialmente foi realizada uma análise para a determinação de um critério de qualidade para as características de nosso trabalho.

O ponto de partida para essa análise é encontrar fatores que determinem a qualidade de uma comunicação, um deles é a taxa de pacotes recebidos (*packet received rate PRR*). Conduziram-se testes no simulador para avaliar o PRR dos distintos níveis de potência em relação à distância. Assim foram obtidas as curvas de PRR com as quais o simulador trabalha. A Figura 4.22 apresenta a curva de PRR para o máximo nível de potência. As curvas para os demais níveis de potência estão no apêndice A.

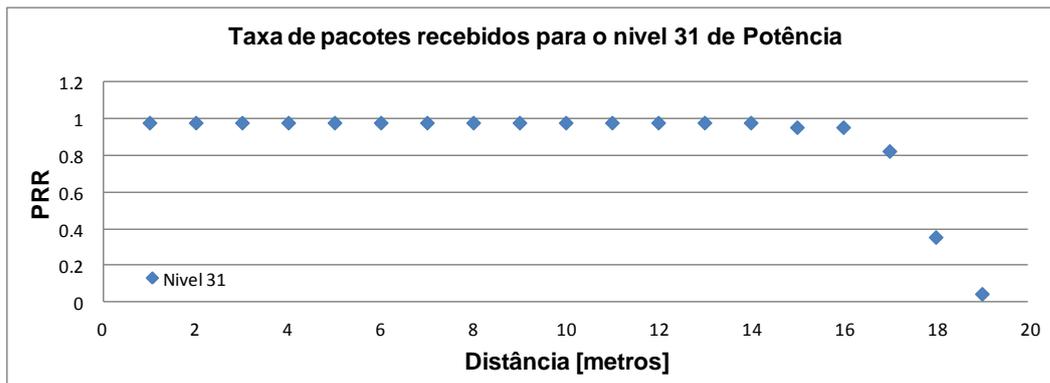


Figura 4.22: Curva de PRR para o nível 31 de potência

As RSSF não conhecem a distância que separam os nós e por este fato tem que se trabalhar numa relação entre o PRR e as métricas RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) e LQI (*Link Quality Indicator*), apresentadas na Seção 2.5.1, que são fornecidas pelos sensores. Foram feitos testes para encontrar o comportamento das métricas de qualidade com relação à distância entre os terminais e variação das potências de transmissão. Nas figuras 4.23 e 4.24 são apresentados os comportamentos das métricas LQI e RSSI em função da distância para o nível de potência 31.

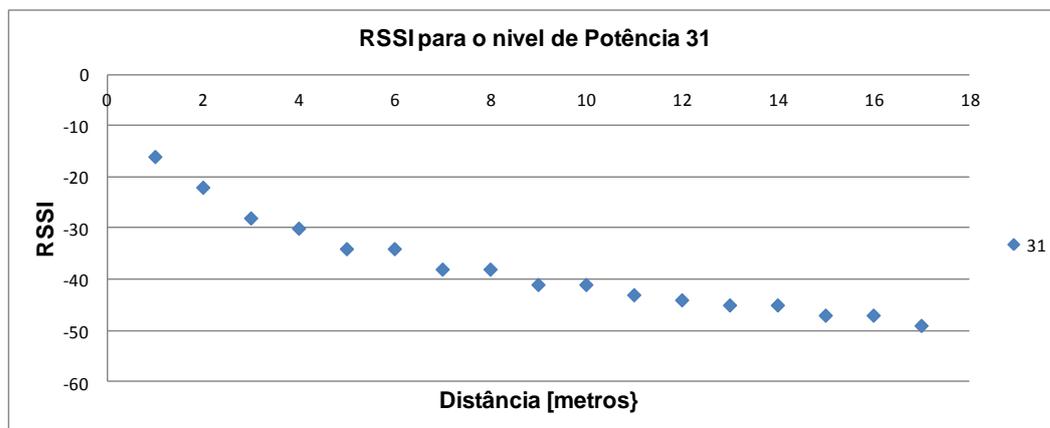


Figura 4.23: RSSI para o nível de Potência 31

Na Figura 4.23 pode se ver que o comportamento da métrica RSSI é o esperado, quanto maior for a distância entre as terminais menor será a intensidade da potência recebida.

Já na Figura 4.24 observa-se que o LQI não apresenta um comportamento claramente definido em relação a distância. Cabe lembrar que o LQI no simulador é um valor entre 50 e 110 que representam a máxima e a mínima qualidade do quadro respectivamente.

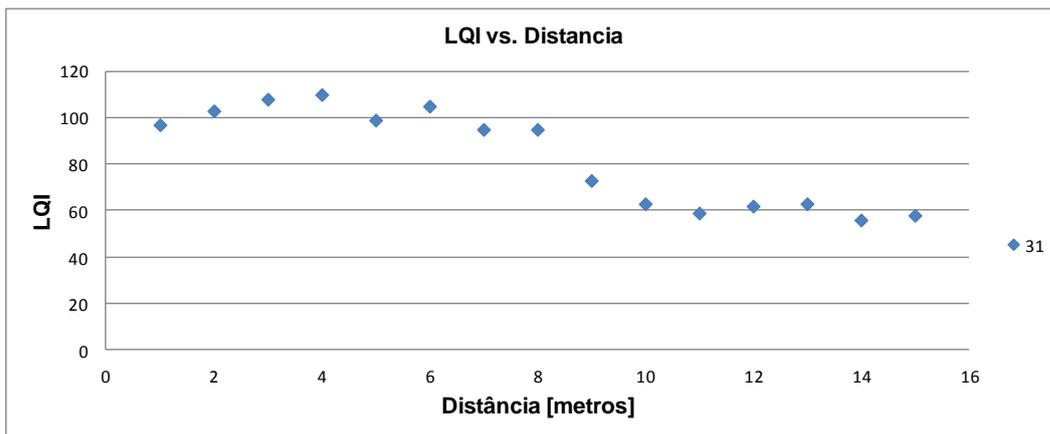


Figura 4.24: LQI para o nível de Potência 31

A Figura 4.25 mostra o comportamento do LQI em função do PER e as variações que apresentam os seus valores, esta Figura foi obtida da referencia [21]. Por exemplo para um PER de 0 o LQI pode ter valores entre 90 e 110 e esta ampla faixa de valores que um LQI pode assumir para um determinado valor PER faz com que esta métrica seja de difícil utilização.

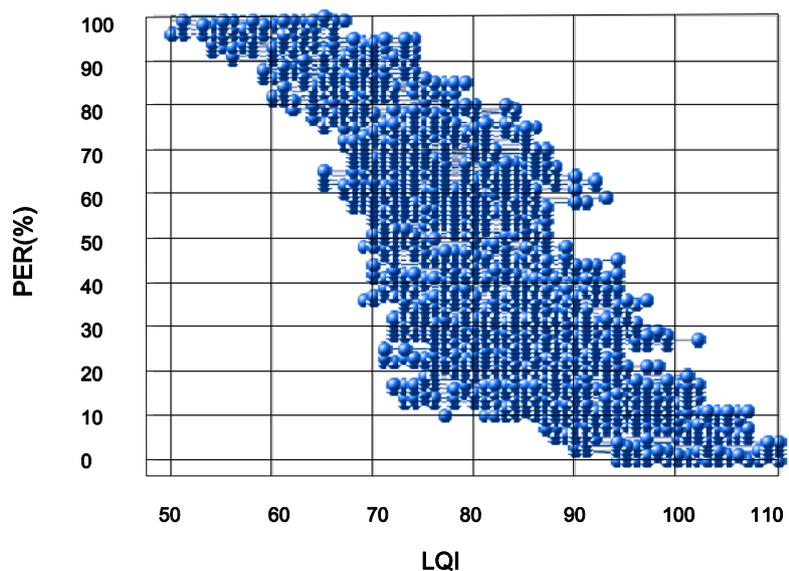


Figura 4.25: Comportamento do LQI com respeito ao BER

Do análise conjunta das figuras 4.22, 4.23 e 4.24 conseguiu-se encontrar um critério para garantir o desempenho de um sistema de potências variáveis. Este critério será apresentado mediante a análise das figuras 4.26 e 4.27.

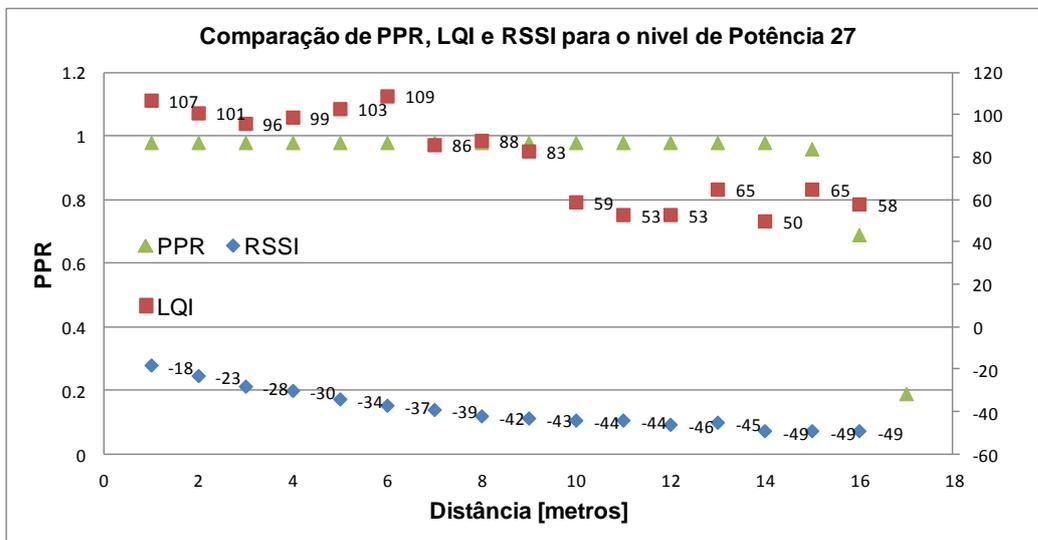


Figura 4.26: Comparação de métricas respeito a distância para o nível de potência 27

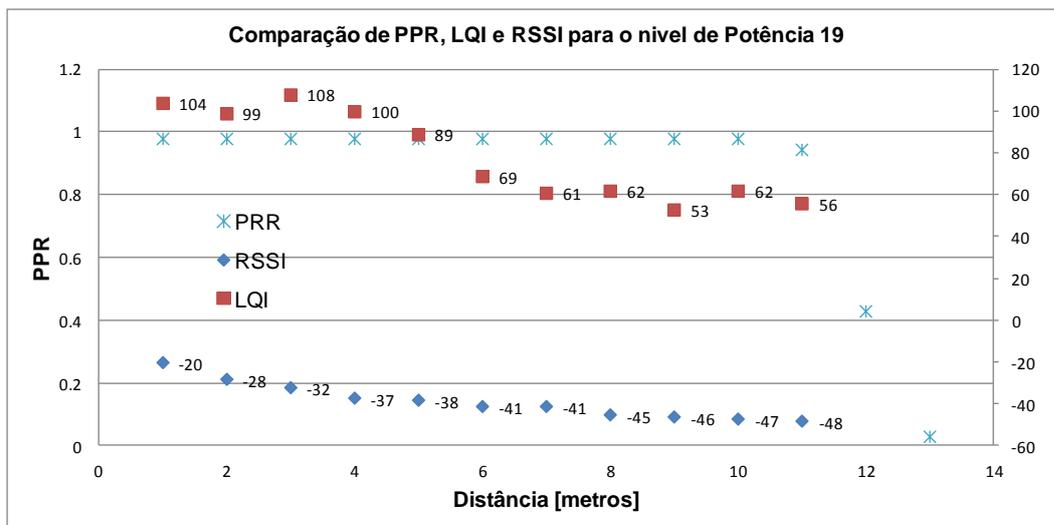


Figura 4.27: Comparação de métricas em função da distância para o nível de potência 19

Analisando as figuras 4.22, 4.23, 4.24, 4.26 e 4.27 pode se observar que o decrescimento da curva do PPR é diretamente proporcional ao comportamento do RSSI então para um determinado PPR é possível associar um valor de RSSI. Por outro lado o comportamento do LQI é indeterminado não existindo uma relação biunívoca com o valor do PPR que nos permita adotar o LQI como uma medida de qualidade.

No nosso caso o critério de qualidade será o seguinte: apenas leituras de RSSI maiores a -45 serão aceitas no processo de montagem das tabelas, isto garante um PRR de 0.9. Em alguns casos valores de -45 apresentam um bom PRR, mas isto se deve a erros na precisão da leitura do RSSI. Cabe lembrar que os testes apresentados para a escolha do critério representam o comportamento observado das simulações. Para a escolha deste limiar foi feita uma análise comparativa de todos os níveis de potência, e que se encontram no apêndice A.

Uma vez escolhido o critério de qualidade, foi escolhida uma topologia para avaliar o mesmo nas condições propostas nos cenários A e B, esta topologia é apresentada na Figura 4.28.

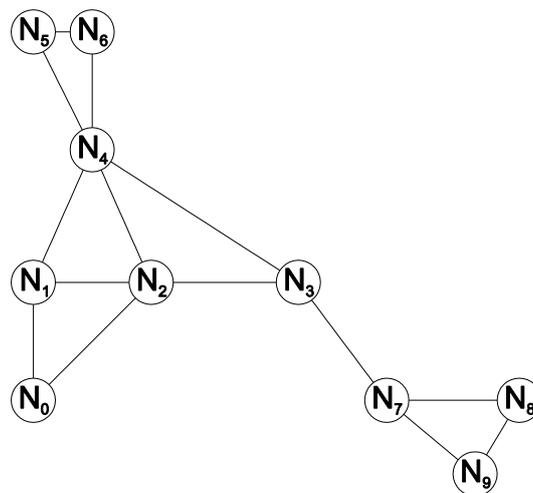


Figura 4.28: Grafo de comunicação da topologia D

Na Figura 4.29 é apresentada a topologia com as mudanças causadas pelo protocolo de encaminhamento.

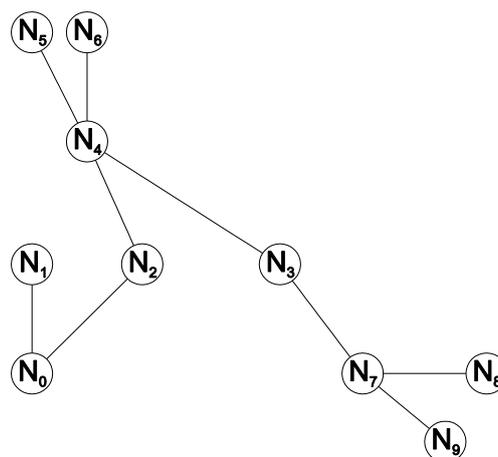


Figura 4.29: Grafo de comunicação do protocolo de coleta de dados para a Topologia D

As configurações de simulação são similares as dos cenários B e C, com a diferença de que só foram obtidos resultados até 150 envios. A frequência do envio de pacotes permanece igual a um pacote enviado cada 4.7 segundos. Neste caso só foram apresentados os resultados da configuração que trabalha com potências variáveis e aquela na qual se implementa o limiar, na Figura 4.30 são exibidos os respectivos resultados.

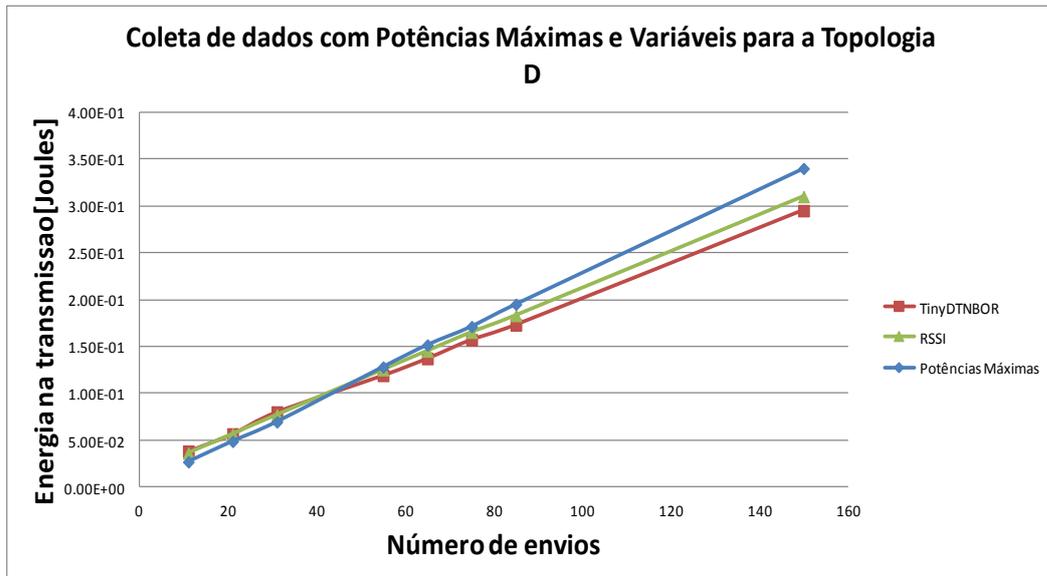


Figura 4.30: Coleta de dados com potências máximas e variáveis de para a Topologia D

Na figura 4.30 foi comprovado o comportamento esperado já que a configuração que faz uso do limiar consome maiores recursos de energia na transmissão com relação a aquela que não faz. Isto se deve a que o limitante impede o uso das potências mais baixas na hora da montagem das tabelas de vizinhança no DTNBOR, pois as mesmas apresentam valores de RSSI menores que o limiar escolhido. Este mesmo motivo faz com que quando a quantidade de envios é menor do que quarenta, o algoritmo que visa a qualidade de comunicação consome menores recursos isto porque precisa de menos envios para a montagem de sua tabela. Regressões lineares foram conduzidas para apresentar comportamentos com maior quantidade de envios. Por ultimo cabe dizer que a configuração com o critério descrito consome menos energia na transmissão que a configuração com potências máximas.

Foi conduzida uma extrapolação, visando obter um resultado com uma maior quantidade de envios e que nos permita comparar os resultados obtidos neste cenário com os do cenário B e C, este é apresentado na Figura 4.31. Pode se observar que a aplicação que trabalho com o limiar de RSSI consegue

economizar um 14% de energia para a topologia proposta, a aplicação que não leva em conta esse limiar economiza 20% de energia respeito à aplicação que trabalha com potências máximas, é dizer nosso enfoque que garante uma boa qualidade de comunicação teve um custo de 6% a mais respeito a aplicação que trabalha com as potências da tabela do TinyDTNBOR.

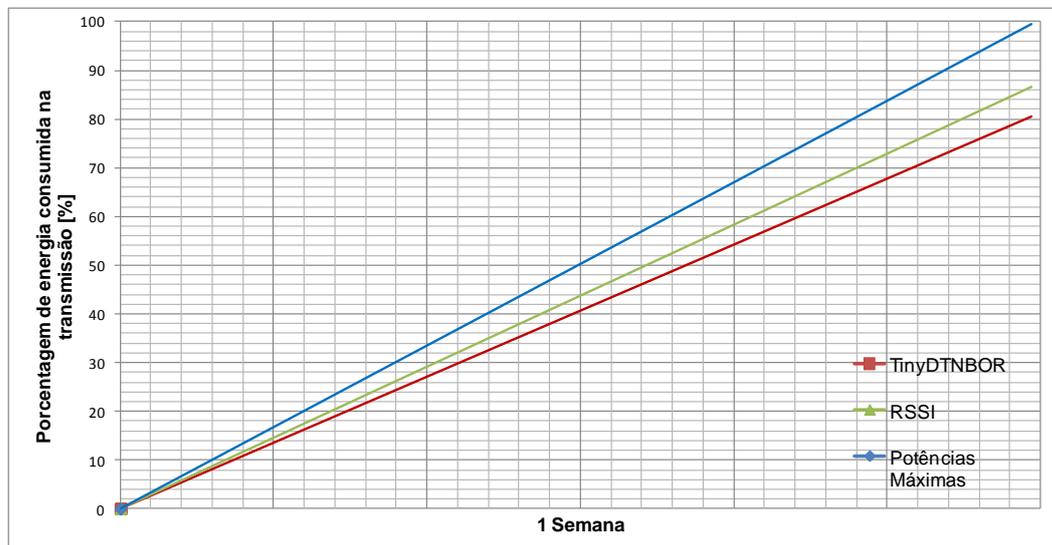


Figura 4.31: Extrapolação dos resultados obtidos para um tempo igual a uma semana de funcionamento para a topologia C

Ao longo do capítulo foram apresentados os diferentes testes realizados para avaliar o consumo energético dos algoritmos exibidos no capítulo 3. Conseguiu se observar o comportamento linear do consumo de energia na transmissão respeito à quantidade de transmissões de dados realizada, observou se que uma configuração na qual se tem poucas transmissões de dados não permite economizar energia isto devido a que a criação da tabela tem um determinado custo energético. Avaliamos os algoritmos em distintos cenários observando que em topologias mais densas o processo de criação das tabelas de vizinhança consome maiores recursos pelo qual para economizar energia se precisará de uma elevada quantidade de transmissões. Por ultimo conseguiu se apresentar que um sistema com potências variáveis permite manter critérios de qualidade.