

# Avaliação de Desempenho de Internet das Coisas Médicas para Hospitais Inteligentes

Aluno: Laécio Andrade Rodrigues (CPF:054.990.843-94)  
E-mail: laecio8andrade@gmail.com; Período da Graduação: VI  
Orientador: Francisco Airtton Pereira da Silva

24 de maio de 2019

## Resumo

**Contexto:** Os Hospitais Inteligentes prometem uma revolução no setor da saúde, fornecendo dados dos pacientes aos médicos em tempo real através de uma rede de sensores sem fio. Essas informações são captadas por sensores e enviados para um gateway que por sua vez as encaminha para um médico, esses dados também são enviados para um servidor local. Desse modo as informações dos pacientes são compartilhadas e armazenadas garantindo monitoramento contínuo dos mesmos.

**Problema:** Em sistemas voltados para a área da saúde devem ser evitados quaisquer contratempos de modo a não impossibilitar o entendimento dos médicos quanto ao estado dos pacientes, garantindo assim eficiência na transmissão dos dados. Porém existe uma grande dificuldade quanto a questão da avaliação de desempenho desses sistemas em contextos reais. Tanto pelo motivo das falhas não serem toleradas por conta da exposição de riscos aos pacientes quanto pelos custos com implementação.

**Proposta:** Com o intuito de mitigar esse problema o presente pré-projeto visa o uso de modelos analíticos para avaliação de desempenho sem a necessidade de gastar previamente com infraestruturas reais. Onde diversos parâmetros serão considerados afetando diretamente no Tempo Médio de Resposta (MRT). Esses parâmetros serão capazes de possibilitar a avaliação de um grande número de cenários, já que os mesmos podem ser configurados.

**Palavras-chaves:** Hospitais Inteligentes, Redes Petri Estocástica, Desempenho, Computação de Borda, Tempo Médio de Resposta.

## 1 Introdução

A Internet das Coisas (IoT) está inovando todas as áreas da nossa sociedade, conectando milhões de aparelho e facilitando o cotidiano das pessoas. O setor da saúde é um dos que podem ter os maiores benefícios com a IoT. O uso de dispositivos e sensores inteligente podem revolucionar a saúde das pessoas em qualquer ambiente, como em casa ou na rua. Em um hospital não é diferente: é só imaginar o potencial de ter, na palma da mão, sinais vitais de pacientes da Unidade de Tratamento Intensivo (UTI), taxa de ocupação

dos leitos, índice de produtividade dos funcionários, entre outros. As possibilidades da IoT na saúde não têm fim.(MAIA, 2017)

Um dos maiores objetivos dos hospitais é manter um acompanhamento eficiente dos pacientes. A IoT tem se destacado como uma tendência que permite a criação de novos tratamentos, mais precisos e com maior riqueza de informações. Com esses tratamentos é possível detectar o fluxo permanente de dados fornecendo uma imagem completa da doença do paciente e permitindo que os médicos respondam a qualquer alteração em tempo hábil. Eles se baseiam em uma realidade com informações obtidas em tempo real e de forma contínua, onde essas informações são captadas através de uma rede de sensores sem fio (WSN). A WSN integra uma série de sensores autônomos distribuídos espacialmente em uma rede e transmite cooperativamente seus dados por meio da comunicação sem fio. Essa rede pode ser conectada a um sistema de nível superior por meio de um gateway de rede.(RAHMANI et al., 2018) Em outras palavras, esses sensores captam os dados dos pacientes e os encaminham por meio de comunicação sem fio para um gateway que é responsável por processar esses dados e encaminha-los para um médico, bem como enviar os dados para um datacenter local. Por fim esses dados devem ser enviados para a nuvem como modo de armazenamento externo.

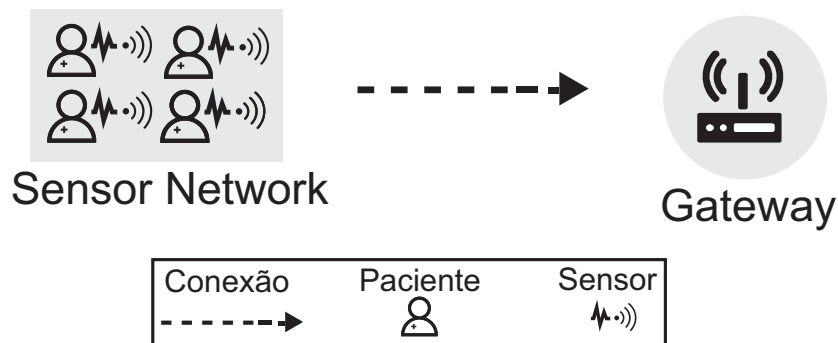


Figura 1 – Conexão entre os sensores e o gateway.

Essas redes de sensores são responsáveis por monitorar os pacientes e notificar os médicos em casos de emergência, garantindo monitoramento contínuo dos mesmos. Porém esses sistemas não podem apresentar falhas no poder de processamento e longa latência visto que podem comprometer a saúde de uma determinada pessoa. Pois isso impossibilitaria o entendimento dos médicos quanto ao estado dos pacientes desproporcionando o acompanhamento. Sabendo-se disso, é notório a necessidade de uma avaliação de desempenho para somente então implementar-se uma infraestrutura real, visto que esse método também disponibilizara uma avaliação de custos com infraestrutura.

O restante deste pré-projeto está estruturado da seguinte forma. No capítulo 2 é abordado o referencial teórico através de conceitos essenciais ao entendimento do trabalho proposto. No capítulo 3 é abordado os trabalhos relacionados que apresenta uma comparação dos trabalhos mais relevantes relacionados a este pré-projeto. No capítulo 4 aborda-se a proposta, apresentando de forma mais detalhada como será feito para atingir os objetivos propostos, informando os métodos e ferramentas que serão utilizados. E por fim o capítulo 5 contendo o cronograma com os prazos para cada etapa do projeto seguido da bibliografia.

## 1.1 Objetivos Gerais e Específicos

O objetivo geral deste projeto é produzir modelos analíticos para simular e avaliar o desempenho de arquiteturas computacionais voltadas a Hospitais Inteligentes.

Para a concretização do objetivo geral, os objetivos específicos deste trabalho são:

1. Desenvolvimento de modelos SPN que permitam avaliar as seguintes métricas: tempo médio de resposta, utilização de recursos e custos de infraestrutura.
2. Diminuir os riscos operacionais das arquiteturas de Hospitais Inteligentes valorizando a vida dos pacientes.
3. Diminuir os custos de infraestrutura e custos operacionais de Hospitais Inteligentes.

## 2 Referencial Teórico

Esta seção apresenta o referencial teórico que serve de sustentação para o entendimento do conteúdo abordado neste trabalho. Inicialmente é relatado conceito referente a IoT, e Smart Hospital, e na sequência uma descrição das tecnologias necessárias para o desenvolvimento do presente trabalho.

### 2.1 Internet of Things

A Internet of Things (IoT) está inovando todas as áreas da nossa sociedade, e descreve um cenário em que diversos objetos estão conectadas e se comunicam, ou seja, é formada por uma rede de objetos físicos capazes de coletar e transmitir dados. Essa inovação tecnológica tem como principal objetivo conectar os itens que usamos no dia a dia à rede de internet fazendo assim com que, cada vez mais, o mundo físico se aproxime do digital. A conexão desses objetos tem como finalidade proporcionar maior facilidade na execução de tarefas do nosso cotidiano.

O termo nasceu em 1999, quando Kevin Ashton, do Massachusetts Institute of Technology (MIT), escreveu o artigo “As coisas da internet das coisas”. Para ele, a falta de tempo das pessoas gera a necessidade de se conectar à internet de novas maneiras, que permitem a criação de dispositivos que executam tarefas que não precisaríamos fazer. Esses dispositivos conversam por diferentes protocolos dentro da mesma rede, acompanham nossas atividades, armazenam informação e, a partir daí, nos auxiliam no dia a dia.(BRASIL, 2018)

### 2.2 Smart Hospital

Smart Hospital é o conceito utilizado para se referir a hospitais totalmente digitalizadas que contam com processos automatizados e otimizados, e com dispositivos interconectados, baseados na IoT. Esses dispositivos servem para melhorar das mais diversas formas os procedimentos já existentes de atendimento aos pacientes além de introduzir novas capacidades de serviços. Dentre essas capacidades podemos destacar o monitoramento dos pacientes de forma contínua que é de suma importância no setor da saúde, bem como informações referentes a taxa de ocupação de recursos hospitalares. Garantindo dessa forma maior eficiência no setor da saúde.

Os objetivos gerais de um hospital inteligente são fornecer assistência aprimorada ao paciente, incluindo atendimento médico remoto, permitir fluxo eficiente de informações médicas e de pacientes e aprimorar os recursos de diagnóstico, cirúrgico e de inteligência organizacional, garantindo a segurança do paciente e a resiliência cibernética.(GONTZES, 2017) Permitindo desse modo a criação de novos tratamentos, mais precisos e com maior riqueza de informações. Onde será é possível detectar o fluxo permanente de dados fornecendo uma imagem completa da doença do paciente e permitindo que os médicos respondam a qualquer alteração em tempo hábil.

### 2.3 Edge Computing

A computação de borda permite que os dados produzidos pela Internet das coisas (IoT) sejam processados mais perto de onde são criados, em vez de enviá-los por rotas longas para datacenters ou nuvens. A borda é qualquer recurso de computação e rede ao longo do caminho entre as fontes de dados e os data centers em nuvem. Por exemplo, o smartphone é a borda entre uma pulseira inteligente e a nuvem. Fazer essa computação mais próxima da borda da rede permite que as organizações analisem dados importantes quase em tempo real - uma necessidade de organizações em muitos setores, incluindo manufatura, saúde, telecomunicações e finanças.(BUTLER, 2017)

No paradigma da computação de borda, as coisas não são apenas consumidores de dados, mas também atuam como produtores de dados. No limite, as coisas podem não apenas solicitar serviço e conteúdo da nuvem, mas também executar as tarefas de computação na nuvem. A borda pode executar o descarregamento de computação, o armazenamento de dados, o armazenamento em cache e o processamento, além de distribuir o serviço de solicitação e entrega da nuvem para o usuário. Com esses trabalhos na rede, a própria borda precisa ser bem projetada para atender aos requisitos de maneira eficiente em serviço, como confiabilidade, segurança, e proteção de privacidade.(SHI et al., 2016)

### 2.4 Petri Nets

Redes de Petri (Petri Nets - PN) é uma ferramenta de modelagem gráfica e matemática aplicável a muitos sistemas. Eles são uma ferramenta promissora para descrever e estudar sistemas de processamento de informações que são caracterizados como sendo concorrentes, assíncronos, distribuídos, paralelos, não-determinísticos e/ou estocásticos. Como uma ferramenta gráfica, as redes de Petri podem ser usadas como uma ajuda de comunicação visual similar a fluxogramas, diagramas de blocos e redes.(MURATA, 1989) As redes de Petri possuem nós de posição, nós de transição, e arcos direcionados conectando posições com transições.

A representação gráfica das PNs são formadas por: posições que correspondem às variáveis de estado; transições que representam as ações e eventos do sistema; arcos que apresentam os fluxos de marcas pelo sistema; e tokens ou marcas, cujo conjunto representa o estado do sistema em um instante. A realização de uma ação ou evento (disparo de uma transição) no sistema está ligado a pré-condições, deve existir uma relação entre as posições (lugares) e a transição para que esta possa ou não realizar a ação (disparar). Após o disparo alguns lugares terão suas informações alteradas (marcas), ou seja, levará a uma pós-condição.

Uma rede de Petri Estocástica (Stochastic Petri Nets - RPN) é, em primeiro lugar e acima de tudo, uma rede de Petri, cujos lugares representam recursos e as transições



Figura 2 – Elementos de uma Rede de Petri.

representam operações. Variáveis de tempo aleatório anexadas a transições estão associadas a durações aleatórias de operação. O comportamento estocástico deve ser completamente definido por um conjunto de regras associadas à escolha da próxima transição a ser disparada em uma determinada marcação, as propriedades de memória do tempo já gasto para uma determinada operação. (FLORIN; FRAIZE; NATKIN, 1991)

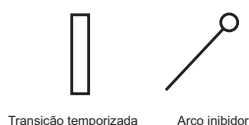


Figura 3 – Elementos adicionais de uma Rede de Petri Estocástica.

O presente trabalho utilizará tal ferramenta para análises numéricas.

### 3 Trabalhos Relacionados

Nesta seção são apresentados trabalhos relevantes e relacionados a este pré-projeto, fazendo uma breve comparação que é apresentada na Tabela 1.

Alguns trabalhos apenas exploram os conceitos do uso da **computação de borda na a saúde** mas não são diretamente voltados para hospitais. Em (SIGWELE et al., 2018) é abordado uma solução para o problema da interoperabilidade dentro de diferentes sistemas de saúde. Os sistemas de saúde considerados são casas inteligentes heterogêneas e geograficamente distribuídas, hospitais inteligentes e clínicas inteligentes que precisam interagir e colaborar uns com os outros. Onde cada sistema de saúde incorporou um gateway semântico de borda inteligente que consiste em um aplicativo da Web com uma API tranquila usada para expor com segurança as informações de cada sistema de saúde para colaboração. Já em (TATA et al., 2017) é identificado como o ciclo de vida de desenvolvimento de aplicativos da IoT é diferente em comparação com o dos aplicativos tradicionais. Mostrando como as arquiteturas de aplicativos da IoT estão evoluindo e quais são os desafios da arquitetura de aplicativos IoT distribuídos. Concentrando-se na modelagem e implantação de aplicativos de IoT e várias técnicas que podem ser usadas para enfrentar os desafios. (AKMANDOR; JHA, 2018) analisa sistemas de saúde inteligentes que monitoram as indicações de saúde do usuário e fornecem feedback quando necessário. Categorizando esses sistemas com base em seus objetivos e descrevendo possíveis aplicações em cada categoria. Além disso, são definidos os desafios de design no lado da borda, explicamos as tendências esperadas para esses desafios e descrevendo alguns métodos para abordá-los.

Alguns trabalhos levam em consideração o **parâmetro de utilização de recursos**. Como em (OUEIDA et al., 2018) onde o autor propôs uma estrutura de RPN (rede de preservação de recursos) usando rede de Petri, integrada à computação customizada de

nuvem e borda, adequada para sistemas de departamento de emergência. A estrutura proposta é projetada para modelar recursos não consumíveis e é teoricamente descrita e validada. O RPN é aplicável a um cenário da vida real em que os principais indicadores de desempenho, como tempo de permanência do paciente (LoS), taxa de utilização de recursos e tempo médio de espera do paciente, são modelados e otimizados. Em (GRECO; RITROVATO; XHAFA, 2019) é proposto uma solução tecnológica e arquitetônica, com base em tecnologias de Big Data Open Source para realizar a análise em tempo real de fluxos de dados de sensores wearable. A arquitetura proposta é composta por quatro camadas distintas: uma camada sensora, uma camada de pré-processamento (Raspberry Pi), uma camada de processamento de clusters (corretora de Kafka e mini-cluster de Flink) e uma camada de persistência (banco de dados Cassandra). Uma avaliação de desempenho de cada camada foi realizada considerando a utilização da CPU e da memória para realizar uma tarefa simples de detecção de anomalias usando o conjunto de dados REALDISP. Já em (CHEN et al., 2018) é apresentada o problema de que a maioria dos sistemas de assistência médica não considerarem as situações de emergência dos pacientes e não conseguirem fornecer um serviço personalizado de recursos para usuários especiais. Para resolver este problema, é proposto um sistema de saúde inteligente baseado em computação cognitiva Edge-Cognitive (ECC-based). Este sistema é capaz de monitorar e analisar a saúde física dos usuários usando computação cognitiva. Ele também ajusta a alocação de recursos de computação de toda a rede de computação de borda de acordo com a classificação de risco à saúde de cada usuário.

Os trabalhos mais relacionados ao presente artigo tratam sobre **computação de borda em Smart Hospitals**, onde são utilizados gateways que geralmente executam funções básicas, como a tradução entre os protocolos usados na Internet e nas redes de sensores. O trabalho de (RAHMANI et al., 2015) propôs a exploração da posição estratégica de tais Smart Gateways no contexto de sistemas de saúde inteligente baseados em IoT, para oferecer vários serviços de nível superior, como armazenamento local, processamento de dados locais em tempo real, mineração de dados incorporada, etc. Afirmando que uma implementação bem-sucedida dos Smart e-Health Gateways permite a implementação maciça de sistemas de monitoramento de saúde ubíquos, especialmente em ambientes clínicos. Também apresenta um estudo de caso de um Smart e-Health Gateway chamado UTGATE, no qual alguns dos recursos de alto nível discutidos foram implementados. (ZHANG et al., 2018) propõe uma arquitetura para conectar coisas inteligentes em hospitais inteligentes baseados em NB-IoT e introduz a computação de borda para lidar com a exigência de latência no processo médico. Como estudo de caso, foi desenvolvido um sistema de monitoramento de infusão para monitorar a taxa de queda em tempo real e o volume de medicamento restante durante a infusão intravenosa. Em (RAHMANI et al., 2018) além de explorar a posição estratégica de Smart Gateways é proposto explorar o conceito de Computação de Neblina em sistemas IoT da Healthcare, formando uma camada intermediária de inteligência intermediária distribuída geograficamente entre os nós sensores e a nuvem. Ao assumir a responsabilidade pelo manuseio de algumas cargas da rede de sensores e de um centro de assistência médica remoto, a arquitetura proposta de sistema assistida pelo Fog pode enfrentar muitos desafios em sistemas de saúde ubíquos. Como problemas de mobilidade, eficiência energética, escalabilidade e confiabilidade.

Diferente da nossa proposta, os trabalhos acima citados não exploram o cálculo do tempo médio de resposta (MRT). Alguns trabalhos também não apresentam avaliação de desempenho que no contexto de smart hospitals é de crucial importância.

Tabela 1 – Trabalhos relacionados.

Trabalho Relacionado	Parâmetro de Utilização de Recurso	MRT?	Modelo de Rede Petri Estocástica?	Parâmetro de Numero de Usuários	Avaliação de Desempenho?
(RAHMANI et al., 2015)	Não	Não	Não	Não	Sim
(TATA et al., 2017)	Não	Não	Não	Não	Não
(OUEIDA et al., 2018)	Sim	Não	Não	Sim	Sim
(CHEN et al., 2018)	Sim	Não	Não	Sim	Sim
(ZHANG et al., 2018)	Não	Não	Não	Não	Sim
(RAHMANI et al., 2018)	Não	Não	Não	Não	Sim
(AKMANDOR; JHA, 2018)	Não	Não	Não	Não	Não
(SIGWELE et al., 2018)	Não	Não	Não	Não	Não
(GRECO; RI-TROVATO; XHAFA, 2019)	Sim	Não	Não	Não	Sim
Este trabalho	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

## 4 Metodologia

Nesta seção será apresentada a metodologia para o planejamento de infraestrutura de um Smart Hospital baseado em Edge Computing. A metodologia utilizada para obtenção dos resultados neste trabalho consiste em: entendimento da aplicação; escolha do modelo de nuvem; definição dos parâmetros; geração do modelo de custo e desempenho; validação; seleção de cenários; processo de otimização; variação de configurações; e análise dos resultados. A Figura 4 apresenta um modelo de alto nível baseado em UML (Unified Modeling Language - UML). Essa metodologia auxilia o projetista a utilizar os modelos que serão propostos para cenários distintos dos apresentados neste trabalho.

**1. Entendimento da aplicação:** Essa é a primeira fase, ela busca o compreender o comportamento da utilização de recursos da aplicação que será hospedada na nuvem. Como exemplo, uma aplicação onde a quantidade de usuários simultâneos seja intensiva na utilização da memória e não possua demanda significativa de processamento, pode ter como escolha adequada para limiar, a memória utilizada, portanto, a mudança da quantidade de memória utilizada pelas instâncias irá adicionar ou destruir VMs do sistema.

**2. Escolha do modelo de nuvem:** essa fase identificaremos se a aplicação será hospedada em uma infraestrutura mantida pelo gestor da aplicação (nuvem privada) ou uma infraestrutura alugada de terceiros (nuvem pública).

**3. Definição dos parâmetros:** Os parâmetros escolhidos definirão o nível de abstração da modelagem e irão depender do tipo de nuvem utilizado. Neste trabalho serão divididos em duas categorias, os que requerem medição e os de configuração.

**4. Definição de métricas:** As principais respostas dessa análise são obtidas através das métricas. Nesse estudo buscamos identificar métricas de desempenho e de custo. As métricas de desempenho escolhidas são o tempo médio de resposta e a vazão. Adicionalmente pode-se alterar o modelo para obter outras métricas customizadas, como a probabilidade de completar um ou vários trabalhos em determinado tempo.

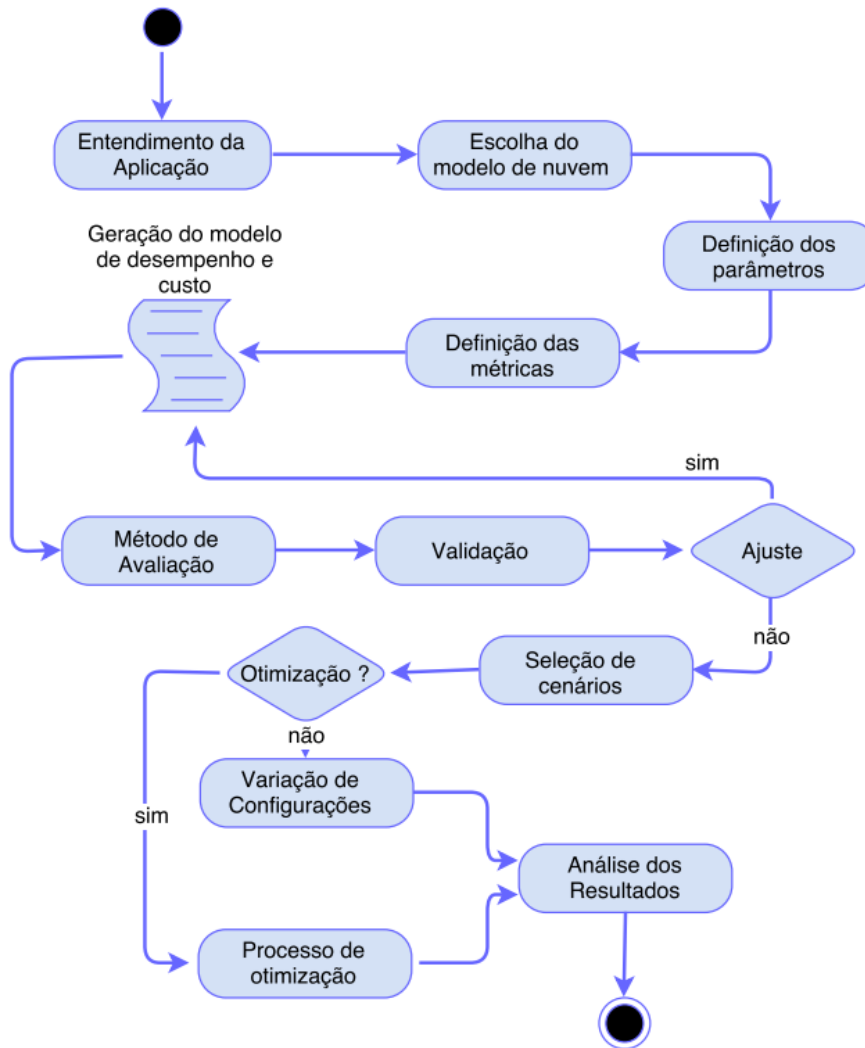


Figura 4 – Metodologia do projeto.

**5. Geração de modelo de desempenho e custo:** Com a identificação dos parâmetros e métricas desejadas, o modelo pode ser gerado. Foi adotada a modelagem estocástica por SPN, que são modelos baseados em estado que permitem tanto a análise numérica quanto simulação. Esse tipo de modelo também permite complexas configurações lógicas através de regras de habilitação em transição e pesos em arcos.

**6. Método de avaliação:** Após a geração do modelo, será escolhido o método de avaliação. O modelo SPN permite tanto análise numérica quanto simulação.

**7. Validação:** Essa fase verifica se as abstrações implementadas no modelo são consistentes com o sistema real. O sistema e o modelo devem ser executados sob a mesma carga de trabalho, e os valores das métricas do modelo e do sistema devem ser estatisticamente equivalentes. Caso o modelo não represente bem o sistema, ajustes devem ser realizados, que podem ser: novas medições para representar mais adequadamente as transições do sistema, ou aumentar o detalhamento da infraestrutura no modelo.

**8. Seleção de cenários:** Com o modelo validado, será possível verificar o comportamento de cenários complexos, com uma boa estimativa que esse mesmo comportamento



se repita no sistema real. Isso permite identificar a influência de determinado parâmetro no custo e nas métricas de desempenho. A seleção de cenários será utilizada como entrada para as fases seguintes. Nela serão escolhidas as restrições e análises desejadas, podendo procurar por soluções otimizadas ou pela variação sistemática dos parâmetros do modelo.

**9. Variação de configuração:** Essa é a opção em que se procura entender o comportamento dos valores das métricas após a variação individual dos parâmetros do modelo. Também pode ser utilizada para testar variações do modelo, como identificar a probabilidade de absorção de variadas quantidades de trabalho. Essa opção também permite análises estatísticas do modelo, como análise de sensibilidade ou probabilidade de absorção.

**10. Otimizações:** Essa fase busca identificar qual a configuração de cada parâmetro para que o sistema cumpra o SLA de tempo médio de resposta e vazão com o custo otimizado. Essa técnica permite a verificação de diversos cenários otimizados, o que seria impraticável tanto no sistema real quanto na variação manual dos parâmetros do modelo, devido à complexa interação dos parâmetros.

## 5 Proposta

Nessa seção, descrevemos a nossa proposta do modelo analítico para avaliação de desempenho baseado em redes de Petri Estocásticas (SPN) para representar a infraestrutura que integra os módulos na borda da rede. Ressaltamos que o objetivo do nosso modelo é possibilitar a checagem do desempenho de mudanças no sistema, antes mesmo que elas sejam implantadas, ou seja, realizar uma análise sem a necessidade de gastos prévios com infraestrutura reais. Desse modo gerando a oportunidade de oferecer uma infraestrutura para entidades onde são especificadas a quantidade de usuários de modo que a infraestrutura proposta possa atender a todos de forma otimizada e eficiente.

Já abordamos anteriormente que o modelo de redes de petri é composta de um conjunto de posições, um conjunto de transições e um conjunto de arcos. Onde os nós serão utilizados para as seguintes finalidades: os nós de posição são responsáveis por conter informações quanto à os dados capturados dos sensores e a disponibilidade da conexão. Os nós de transição são responsáveis por realizar a mudança de estado no nosso modelo, tanto quanto a disponibilidade de conexão. Os arcos são responsáveis por conectar os nós.

Para realizar a análise iremos considerar diversos parâmetros que podem afetar diretamente no Tempo Médio de Resposta (MRT) e consequentemente o desempenho. Serão apresentadas também análises numéricas com valores de entrada reais que servirão como um guia prático para auxiliar administradores de infraestruturas computacionais a adequar suas arquiteturas. Serão consideradas varias métricas como utilização de recursos, vazão e probabilidade de termino de execuções.

Esses parâmetros e métricas serão suficientemente importantes para que a infraestrutura proposta possa atender a todos os pacientes de forma eficiente sem que haja problemas de desempenho nem ocorram falhas de processamento. Garantindo assim um serviço de qualidade e com segurança para todos os pacientes. Tendo em vista esses aspectos, apresentamos a arquitetura de um Smart Hospital na Figura 5.

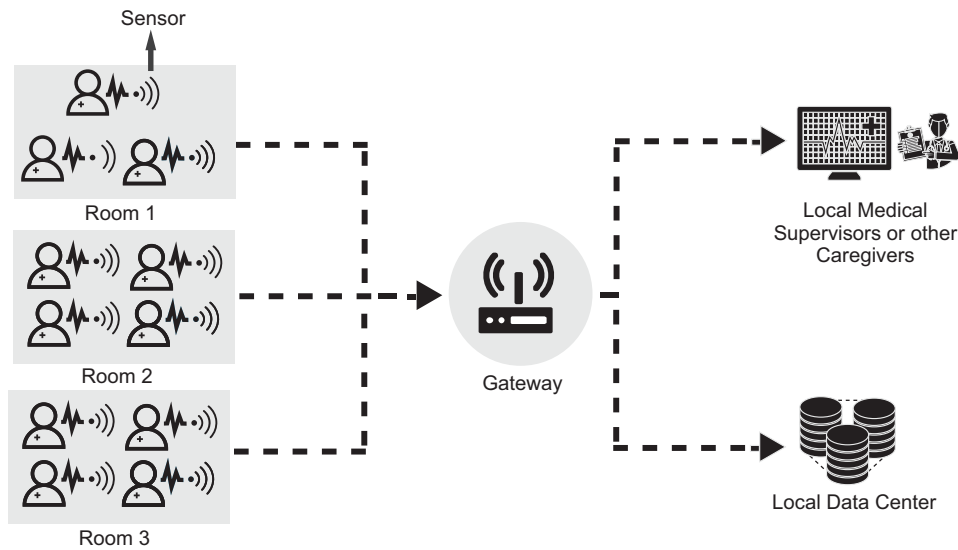


Figura 5 – Arquitetura de um Smart Hospital.

## 5.1 Avaliação/Estudos de Caso

Para obtenção de resultados será realizada uma simulação com um modelo de redes de petri. A partir da simulação que utilizará a lei de Little será possível obter o MRT.

### 5.1.1 Lei de Little

Um sistema de filas consiste em objetos discretos e deve chamar itens que chegam de alguma forma ao sistema. Dentro do sistema, os itens podem formar uma ou mais filas e, eventualmente, receber serviço e sair. A Figura 6 mostra isso esquematicamente.



*Fluxo de itens através de um sistema de filas*

Figura 6 – Vista esquemática de um sistema de filas.

Enquanto os itens estão no sistema, eles podem estar em filas ou podem estar em serviço ou alguns em fila e outros em serviço. A interpretação dependerá da aplicação e dos objetivos do modelador. Por exemplo, no caso da adega, dizemos que uma garrafa (um "item") chega ao sistema quando é colocada pela primeira vez na adega. Cada garrafa permanece no sistema até Caroline seleciona e remove da adega para consumo. Se considerarmos o rack de vinhos como um servidor de canal único, o tempo de serviço é o tempo entre as remoções sucessivas. É interessante notar, no entanto, que não sabemos qual garrafa Caroline escolherá e não há razão particular para acreditar que ela escolherá de acordo com uma regra FIFO (first-in-first-out). Em qualquer caso, para lidar com o

número médio de garrafas na adega ou o tempo médio gasto por uma garrafa na adega, precisamos considerar o sistema completo que consiste em serviço de fila mais. A Lei de Little diz que, em condições de estado estacionário, o número médio de itens em um sistema de filas é igual à taxa média na qual os itens chegam multiplicados pelo tempo médio que um item gasta no sistema. De locação

$L$  = número médio de itens no sistema de filas,  
 $W$  = tempo médio de espera no sistema para um item e  
 $\lambda$  = número médio de itens que chegam por unidade de tempo, a lei é

$$L = \lambda W. \quad (1)$$

### 5.1.2 Argumentando a Lei de Little com uma Imagem

A Figura 7 mostra uma possível realização de um sistema de filas específico. Podemos fazer um argumento heurístico para a Lei de Little interpretando a área sob a curva na Figura 7 de duas maneiras diferentes. Deixe

$n(t)$  = o número de itens no sistema de filas no tempo  $t$ ;  
 $T$  = um longo período de tempo;  
 $A(T)$  = a área sob a curva  $n(t)$  ao longo do período de tempo  $T$ ;  
 $N(T)$  = o número de chegadas no período  $T$ .

Por um lado, um item no sistema de filas está simplesmente lá. O número de itens pode ser contado em qualquer instante de tempo  $t$  para dar  $n(t)$ . Seu valor médio sobre  $T$  é o integral de  $n(t)$  sobre  $T$  (isto é,  $A(T)$ ) dividido por  $T$ . Por outro lado, no instante  $t$ , cada um dos itens está aguardando, acumulando tempo de espera. Ao integrar  $n(t)$  ao longo do período de tempo  $T$ , obtemos uma medida cumulativa do tempo de espera, novamente igual a  $A(T)$ . Além disso, as chegadas também são contáveis e dadas por  $N(T)$ . Portanto, inspecionando a figura, definimos

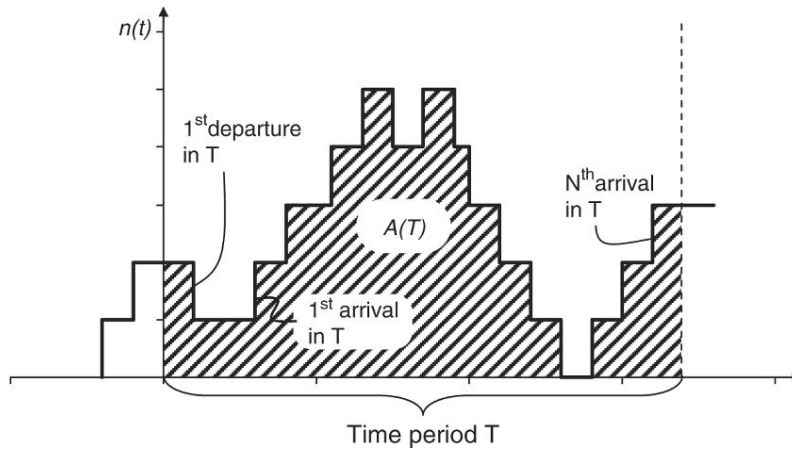


Figura 7 – Número de itens em um sistema de filas versus tempo. (LITTLE; GRAVES, 2008)

$\lambda(T) = N(T)/T$  = taxa de chegada durante o período de tempo  $T$ ,  
 $L(T) = A(T)/T$  = comprimento médio da fila durante o período de tempo  $T$ ,  
 $W(T) = A(T)/N(T)$  = tempo médio de espera no sistema por chegada durante  $T$ .  
 Uma ligeira manipulação dá  $L(T) = \lambda(T)W(T)$ .

Todas essas quantidades oscilam um pouco à medida que  $T$  aumenta devido à natureza estocástica do processo de enfileiramento e aos efeitos finais. Os efeitos finais referem-se à inclusão em  $W(T)$  de alguma espera pelos itens que se juntaram ao sistema antes do início de  $T$  e à exclusão de alguns que aguardam por itens que chegaram durante  $T$  mas ainda não saíram. À medida que  $T$  aumenta,  $L(T)$  e  $\lambda(T)$  sobem e descem um pouco à medida que os itens chegam e depois saem.

## 6 Cronograma

Tabela 2 – Cronograma de atividades.

Atividades	2019	2019	2020	2020
	AGO - SET	OUT - DEZ	FEV - ABR	MAI - JUN
Pesquisa Bibliográfica	X	X		
Desenvolver o Modelo		X		
Realização de Testes		X	X	
Escrita de Artigos	X	X	X	
Redação da Manografia			X	X
Apresentação da Manografia				X

## Referências

AKMANDOR, A. O.; JHA, N. K. Smart health care: An edge-side computing perspective. *IEEE Consumer Electronics Magazine*, IEEE, v. 7, n. 1, p. 29–37, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 5 e 7.

BRASIL, H. *O que é Internet das Coisas e como funciona*. 2018. Disponível em: <<https://www.hostgator.com.br/blog/internet-das-coisas/>>. Acesso em: 11 abr. 2019. Citado na página 3.

BUTLER, B. *What is edge computing and how it's changing the network*. 2017. Disponível em: <<https://www.networkworld.com/article/3224893/what-is-edge-computing-and-how-it-s-changing-the-network.html>>. Acesso em: 11 abr. 2019. Citado na página 4.

CHEN, M. et al. Edge cognitive computing based smart healthcare system. *Future Generation Computer Systems*, Elsevier, v. 86, p. 403–411, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 6 e 7.

FLORIN, G.; FRAIZE, C.; NATKIN, S. Stochastic petri nets: Properties, applications and tools. *Microelectronics Reliability*, Elsevier, v. 31, n. 4, p. 669–697, 1991. Citado na página 5.

GONTZES, D. *SMART HOSPITALS – PART 1: DESIGNING THE FUTURE*. 2017. Disponível em: <[https://optimityadvisors.com/Smart\\_Hospitals\\_Part1](https://optimityadvisors.com/Smart_Hospitals_Part1)>. Acesso em: 11 abr. 2019. Citado na página 4.

- GRECO, L.; RITROVATO, P.; XHAFA, F. An edge-stream computing infrastructure for real-time analysis of wearable sensors data. *Future Generation Computer Systems*, Elsevier, v. 93, p. 515–528, 2019. Citado 2 vezes nas páginas 6 e 7.
- LITTLE, J. D.; GRAVES, S. C. Little’s law. In: *Building intuition*. [S.l.]: Springer, 2008. p. 81–100. Citado na página 11.
- MAIA, U. *Como a IoT está mudando os hospitais e o mercado de saúde*. 2017. Disponível em: <<https://docmanagement.com.br/03/02/2017/como-iot-esta-mudando-os-hospitais-e-o-mercado-de-saude/>>. Acesso em: 14 abr. 2019. Citado na página 2.
- MURATA, T. Petri nets: Properties, analysis and applications. *Proceedings of the IEEE*, IEEE, v. 77, n. 4, p. 541–580, 1989. Citado na página 4.
- OUEIDA, S. et al. An edge computing based smart healthcare framework for resource management. *Sensors*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 18, n. 12, p. 4307, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 5 e 7.
- RAHMANI, A. M. et al. Exploiting smart e-health gateways at the edge of healthcare internet-of-things: A fog computing approach. *Future Generation Computer Systems*, Elsevier, v. 78, p. 641–658, 2018. Citado 3 vezes nas páginas 2, 6 e 7.
- RAHMANI, A.-M. et al. Smart e-health gateway: Bringing intelligence to internet-of-things based ubiquitous healthcare systems. In: IEEE. *2015 12th Annual IEEE Consumer Communications and Networking Conference (CCNC)*. [S.l.], 2015. p. 826–834. Citado 2 vezes nas páginas 6 e 7.
- SHI, W. et al. Edge computing: Vision and challenges. *IEEE Internet of Things Journal*, IEEE, v. 3, n. 5, p. 637–646, 2016. Citado na página 4.
- SIGWELE, T. et al. An intelligent edge computing based semantic gateway for healthcare systems interoperability and collaboration. In: IEEE. *2018 IEEE 6th International Conference on Future Internet of Things and Cloud (FiCloud)*. [S.l.], 2018. p. 370–376. Citado 2 vezes nas páginas 5 e 7.
- TATA, S. et al. Living in the cloud or on the edge: Opportunities and challenges of iot application architecture. In: IEEE. *2017 IEEE International Conference on Services Computing (SCC)*. [S.l.], 2017. p. 220–224. Citado 2 vezes nas páginas 5 e 7.
- ZHANG, H. et al. Connecting intelligent things in smart hospitals using nb-iot. *IEEE Internet of Things Journal*, IEEE, v. 5, n. 3, p. 1550–1560, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 6 e 7.

## Avaliação Final de TCC 01

ESTE DOCUMENTO DEVE SER PREENCHIDO PELO PROFESSOR AVALIADOR.

Este formulário será entregue junto com o pré-projeto impresso. Tal avaliação mais detalhada ajudará o aluno a evoluir seu trabalho futuro.

Professor, favor preencher antes da defesa apenas os nomes e a tabela de Avaliação Sobre o Documento.

---

Nome do Aluno: \_\_\_\_\_

Nome do Professor Avaliador: \_\_\_\_\_

**Marque com um X a opção que melhor corresponde à sua avaliação.**

**Avaliação Sobre o Documento:**

PARTE AVALIADA	RUIM	BOM	ÓTIMO
RESUMO			
INTRODUÇÃO			
OBJETIVOS			
REFERENCIAL TEÓRICO			
TRABALHOS RELACIONADOS			
PROPOSTA			
AVALIAÇÃO			
CRONOGRAMA			
ESCRITA EM GERAL			

**Avaliação Sobre a Apresentação:**

PARTE AVALIADA	RUIM	BOM	ÓTIMO
SEGURANÇA			
CLAREZA DE ARGUMENTAÇÃO			
TEMPO DE APRESENTAÇÃO			
SLIDES			

Nota :