

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA
COMPUTAÇÃO (PPGCC)**

Marcus Vinícius Assuiti

**UMA ABORDAGEM SDN APLICADA À UM SISTEMA
DE SUPORTE A DECISÃO CLÍNICA BASEADO NO
ALGORITMO DE SEPSE**

Florianópolis

2016

Marcus Vinícius Assuiti

**UMA ABORDAGEM SDN APLICADA À UM SISTEMA
DE SUPORTE A DECISÃO CLÍNICA BASEADO NO
ALGORITMO DE SEPSE**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PPGCC) para a obtenção do Grau de Mestre em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Dr. Mario Antonio Ribeiro Dantas

Florianópolis

2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Assuti, Marcus Vinícius

Uma abordagem sdn aplicada à um sistema de suporte a
decisão clínica baseado no algoritmo de Sepsis / Marcus
Vinícius Assuti ; orientador, Mario Antonio Ribeiro
Dantas - Florianópolis, SC, 2016.

89 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em
Ciência da Computação.

Inclui referências

1. Ciência da Computação. 2. Redes definidas por
software. 3. Sistema de apoio a decisão clínica. 4. Sepsis.
5. Informática médica. I. Dantas, Mario Antonio Ribeiro.
II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós
Graduação em Ciência da Computação. III. Título.

Marcus Vinícius Assuiti

**UMA ABORDAGEM SDN APLICADA À UM SISTEMA
DE SUPORTE A DECISÃO CLÍNICA BASEADO NO
ALGORITMO DE SEPSE**

Esta Dissertação foi julgada aprovada para a obtenção do Título de “Mestre em Ciência da Computação”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PPGCC).

Florianópolis, 1 de setembro 2016.

Prof(a). Dra. Carina Friedrich Dorneles
Coordenadora

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Mario Antonio Ribeiro Dantas
Universidade Federal de Santa Catarina
Presidente

Prof. Dr. Carlos Montez
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof(a). Dra. Patricia Della M ea Plentz
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof(a). Dra. Carla Merkle Westphall
Universidade Federal de Santa Catarina

Aos grandes entusiastas da educação que tive durante todo meu percurso acadêmico, em especial ao orientador desta dissertação Prof. Dr. Mario Antônio Ribeiro Dantas, que contribuiu imensamente em minha formação.

Em memória ao meu fantástico pai Marcus Valentim Assuiti.

A minha querida mãe que ainda comemora cada vitória alcançada em minha vida.

Especialmente a vida de minha filha Helena Bottega Assuiti a principal motivação na conclusão dessa jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço principalmente a minha esposa, Maíra Bottega, pelo seu apoio, companheirismo, amor e amizade.

Agradeço a colega Madalena Pereira pelas discussões e inspirações que certamente contribuíram para a elaboração desse trabalho.

Agradeço ao colega Felipe Volpato pelo suporte e sugestões para o desenvolvimento dos experimentos realizados.

Agradeço ao amigo Herbert Treis Neto pelas conversas e apoio ao longo de toda essa jornada.

Agradeço ao apoio da Philips Health Care e por fim a Universidade Federal de Santa Catarina pela oportunidade de trabalho e capacitação.

Não se gerencia o que não se mede, não se mede o que não se define, não se define o que não se entende, e não há sucesso no que não se gerencia

William Edwards Deming

RESUMO

Redes definidas por software tem suas origens em necessidades acadêmicas, mas foram bem aceitas pela indústria. Esse tipo de rede separa o plano de controle do plano de dados e atribui a responsabilidade de definir a comutação de mensagens à um software externo, o controlador. Esse conjunto de fatores além de fornecer novos recursos na configuração desse tipo de ambientes, impulsiona a evolução da rede, pois inovações que antes dependiam de versões de firmware ou novos produtos do fornecedor passam a depender do algoritmo executado pelo controlador. A sepse é uma reação inflamatória que começa com uma doença infecciosa cuja taxa de mortalidade é maior do que a de câncer de mama, câncer de próstata e HIV juntos. O diagnóstico precoce e agilidade na implementação de um protocolo é fundamental para garantir a eficácia do tratamento. O conceito de redes definidas por software(SDN) é interessante de ser aplicado para garantir a urgência exigida pelo problema de Sepsis, pois é uma tecnologia emergente que torna o gerenciamento de redes mais dinâmico e centralizado em um controlador que possui regras definidas em mais alto nível disponibilizando recursos que a aplicação pode utilizar para garantir o QoS exigido. Esta dissertação de mestrado apresenta uma abordagem para gestão de Qualidade de Serviço (QoS) que visa proporcionar serviços de consciência da urgência no diagnóstico da sepsis. O modelo propõe um ambiente não-concorrente para prestação de serviços em que a aplicação sepsis vai garantir QoS utilizando recursos de SDN. A implementação do modelo proposto mostra-se viável e funcional e evitará dados simultâneos na entrega de serviços com a aplicação sepsis.

Palavras-chave: Redes Definidas por Software. Sistema de apoio a decisão clínica. Sepsis. Informática médica

ABSTRACT

Software defined networking has its origins in academic needs, but were well accepted by the industry. This type of network separates the data plane from the control plane and assigns the responsibility to set the message switching to an external software, the controller. This set of factors in addition to providing new features in the configuration of this type of environments, drives the evolution of the network as innovations that once relied firmware versions or new vendor products come to depend on the algorithm executed by the controller. Sepsis is an inflammatory reaction that starts with an infectious condition whose mortality rate is bigger than that of breast cancer, prostate cancer and HIV together. Early diagnosis and agility in the implementation of a protocol is crucial to ensure the effectiveness of the treatment. The concept of software-defined networks is interesting to be applied to ensure the urgency required by Sepsis problem because it is an emerging technology that makes the management more dynamic and centralized networks on a controller. This controller have rules defined at the highest level providing resources the application can use to ensure the QoS required. The model proposes a non-concurrent environment for services delivery where the sepsis application will guarantee QoS using Software Defined Network (SDN) resources. The implementation of the proposed model shows to be feasible and functional and will avoid concurrent data in the delivering of services with the sepsis application. **Keywords:** Software Defined Network. Clinical Decision-Support Systems. Sepsis. medical Informatics

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Arquitetura SDN (FOUNDATION, 2012).....	32
Figura 2	<i>OpenFlow</i> (RODRÍGUEZ, 2014).....	33
Figura 3	Sepse taxonomia.....	34
Figura 4	Causas de sepsis.....	35
Figura 5	Urgência da administração precoce de antibióticos (KUMAR; PRASAD, 2015).....	37
Figura 6	Atendimento ao paciente com provável sepsis grave/choque séptico (ILAS, 2004b).....	39
Figura 7	Electronic medical record adoption model(FOLKS, 2016)	44
Figura 8	Classificação. (SEIXAS; CONCI; SAADE, 2013).....	45
Figura 9	<i>clinical pathways</i> . (AHMAD, 2014).....	46
Figura 10	Camadas de um ambiente hospitalar. (SKORIN-KAPOV; MATIJASEVIC, 2010).....	52
Figura 11	Solução proposta.....	58
Figura 12	Proposta para QoS.....	59
Figura 13	Modelo de integração.....	60
Figura 14	Ambiente (ASSUITI et al., 2016).....	61
Figura 15	Ambiente sem mecanismo de QoS (ASSUITI et al., 2016)	63
Figura 16	Ambiente com mecanismo de QoS (ASSUITI et al., 2016)	65
Figura 17	Experimento com transferência de arquivo (ASSUITI et al., 2016).....	66
Figura 18	Latência (ASSUITI et al., 2016).....	67
Figura 19	St Helens Adult Sepsis Management Pathway.....	83
Figura 20	Protocols Sepsis Screening StJoseph.....	84
Figura 21	Protocols Pocket Card StJoseph.....	84
Figura 22	Protocols Sepsis Orders Stony Brook.....	85
Figura 23	Perinatal Assessment of Sepsis.....	86
Figura 24	Algoritmo sugerido pelo ILAS.....	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Transferência de arquivos em segundos (ASSUITI et al., 2016)	66
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SIRS	Síndrome de resposta inflamatória sistêmica.....	25
PAM	Pressão arterial média	25
ILAS	Instituto latino americano de sepse.....	25
UTI	Unidade de terapia intensiva	25
ISCL	Santa Casa de Misericórdia de Limeira	25
QoS	Qualidade de serviço	25
QoE	Qualidade de experiência.....	25
QoC	Qualidade de contexto	25
SDN	Redes definidas por software	25
PEP	Prontuário eletrônico do paciente	25
CFM	Conselho federal de medicina.....	25
HIMSS	Healthcare information and management systems society	25
ERAM	EMR adoption model	25
SLA	Service Level Agreement	25
VOIP	Voice over Internet Protocol.....	25

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	25
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	25
1.2 PERGUNTA DE PESQUISA	26
1.3 OBJETIVOS	27
1.3.1 Objetivo geral	27
1.3.2 Objetivos específicos	27
1.4 ATIVIDADES DE PESQUISA	28
1.5 ESCOPO DA DISSERTAÇÃO	28
1.6 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	28
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	31
2.1 REDES DEFINIDAS POR SOFTWARE	31
2.2 PROTOCOLO OPENFLOW	32
2.3 CARACTERÍSTICAS DA SEPSE	33
2.4 COMPLEXIDADE E URGÊNCIA	36
2.5 PROTOCOLO DE SEPSE	38
2.6 ESTUDO DE CASO	40
2.7 INFORMÁTICA MÉDICA	42
2.7.1 Prontuário eletrônico do paciente (PEP)	43
2.8 HIMSS E EMRAM	43
2.9 SISTEMAS DE APOIO À DECISÃO CLÍNICA	44
3 TRABALHOS RELACIONADOS	47
3.1 APLICAÇÃO DE QOS ATRÁVES DE MECANISMOS DE SDN	47
3.1.1 (SILVA et al., 2015)	47
3.1.2 (BARI et al., 2013)	47
3.1.3 (SEDDIKI et al., 2014)	47
3.1.4 (EGILMEZ et al., 2012)	48
3.1.5 (ISHIMORI et al., 2013)	48
3.1.6 (WALLNER; CANNISTRA, 2013)	48
3.1.7 (ONGARO, 2014a)	48
3.2 CONSIDERAÇÕES	50
4 ABORDAGEM PROPOSTA	51
4.1 AMBIENTE HOSPITALAR E QUALIDADE DE SERVIÇO	51
4.2 SOLUÇÃO PROPOSTA	51
4.2.1 Interface gráfica	53
4.2.2 Suporte a decisão clínica	53
4.2.3 Interface de integração com o prontuário	54

4.2.4	Segurança e sigilo	54
4.2.5	Gerenciamento de mensagens	54
4.2.6	Transparência de recursos	54
4.2.7	Coleta de estatísticas	55
4.2.8	Qualidade de contexto	55
4.3	O MODELO DE QOS PROPOSTO	55
4.4	COMPONENTES DA INTEGRAÇÃO PROPOSTA	56
5	AMBIENTE E RESULTADOS EXPERIMENTAIS ..	61
5.1	EXPERIMENTOS PRELIMINARES	62
5.1.1	Experimento 1 - Largura de banda entre os hosts ..	62
5.1.1.1	Sem configurações de QoS	62
5.1.1.2	Com configurações de QoS	64
5.1.2	Experimento 2 - Arquivo enviado através dos hosts	65
5.1.3	Experimento 3 - Latência entre hosts	67
6	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	69
	REFERÊNCIAS	71
	ANEXO A – Trabalhos completos publicados em anais de congressos	79
	ANEXO B – Material auxiliar ao protocolo de Sepsis em diversos hospitais	83

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo será descrito o que é Seps e sua relevância, assim como a pergunta da pesquisa. A partir desta são definidos objetivos gerais e específicos do trabalho. Em seguida serão descritas as atividades realizadas e definido o escopo da dissertação, por fim será apresentado a organização dos capítulos.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Septicemia ou Seps e é uma reação sistêmica do corpo diante de uma infecção, em outras palavras, o que se espera quando uma região do corpo infecciona é que essa área inflame como uma reação natural, porém em casos onde se inicia o quadro de Seps e essa inflamação ocorre em diversas partes. Portanto um órgão infeccionado, uma picada de aranha ou uma tatuagem infeccionada podem desencadear uma série de respostas inflamatórias e essa reação pode levar a diversas disfunções orgânicas. Alguns fatores que serão listados abaixo diz muito sobre a urgência e o desconhecimento do problema da Seps e.

- Mais de seis milhões de crianças e bebês morrem de Seps e todo ano (KISSOON et al., 2011);
- Uma pesquisa sobre a taxa de sobreviventes sépticos admitidos em uma UTI identificou que mais de um terço desses tiveram alta por óbito (VINCENT et al., 2014);
- Em instituições onde os dados de Seps e são corretamente documentados os números tendem a aumentar;
- Do ano de 2000 a 2007 o número de mortes por Seps e nos Estados Unidos aumentou aproximadamente 150% (LAGU et al., 2012);
- Nos Estados Unidos o número de morte por Seps e ultrapassa as mortes por câncer de próstata, câncer de mama e AIDS juntos GSA (2015);
- A cada segundo alguém morre de Seps e no mundo (DMS, 2015);
- No Brasil 30% dos leitos de UTI estão ocupados com pacientes sépticos (DMS, 2015);

- No Brasil a Sepsis apresenta uma mortalidade acima de 50% (DMS, 2015).

A Sepsis é uma patologia com números aquém do valor real pois muitas vezes o paciente tem seu óbito registrado com a origem da Sepsis podendo ser uma pneumonia, complicações causadas por queimaduras, infecção generalizada ou falência múltipla dos órgãos.

A antibioticoterapia nas primeiras horas é essencial para uma maior probabilidade de sucesso no tratamento, sendo que esse número cai drasticamente com o tempo conforme apresentado em (KUMAR; PRASAD, 2015) e em casos de corpos estranhos como pedra no rim ou hérnia é necessário uma intervenção cirúrgica.

O protocolo de Sepsis sugerido por ILAS (2004b) é multidisciplinar, ou seja, envolve vários profissionais, é complexo e urgente o que torna necessário que todos os envolvidos estejam preparados para agir tão logo que for necessário. Como citado por Assuno et al. (2010) e evidenciado no estudo de caso que a capacidade de diagnóstico não é suficiente e geralmente tardia sendo realizado por médicos intensivistas. O que diminui substancialmente a taxa de sucesso e aumenta muito os custos do tratamento desenvolvido pela instituição.

Segundo Beale et al. (2009) e Júnior et al. (2006) a Sepsis no Brasil possui uma das maiores taxas de mortalidade e tempo de internação do mundo.

Existem estudos como Ongaro (2014a) e Silva et al. (2015) que trabalham com QoS em redes e consideram ambientes que tenham aplicações de saúde, porém em nenhum trabalho os mecanismos de SDN são aplicados para garantir que uma aplicação possa prover a urgência requerida por um tipo de mensagem enviada sobre uma porta de rede específica, evitando concorrência com outras redes e diferenciando mensagens por ela originadas. Podemos dizer que em geral mecanismos de SDN são aplicados para garantir um bom comportamento da rede, porém na abordagem proposta o SDN faz parte da solução do problema de saúde, pois é através dele que a urgência do algoritmo de Sepsis é atendida.

1.2 PERGUNTA DE PESQUISA

Este trabalho busca responder a seguinte pergunta: **É possível e aderente ao ambiente hospitalar utilizar mecanismos de SDN para prover diferentes níveis de QoS exigidos pela urgência de aplicações que implementam protocolos assistenciais como o**

de Sepsis, em um ambiente hospitalar?

1.3 OBJETIVOS

De acordo com a pergunta, esta pesquisa apresenta os objetivos: Geral e específicos descritos a seguir.

1.3.1 Objetivo geral

O objetivo desta dissertação é definir uma abordagem que consiga fornecer diferentes níveis de QoS exigido por aplicações em um ambiente tão importante quanto o hospitalar sempre preocupando-se com a aderência da solução proposta, portanto é sugerido uma aplicação externa integrada ao prontuário eletrônico do paciente, além disso as informações relevantes aos protocolos assistenciais podem ter sua urgência garantida desde o monitoramento contínuo de sinais vitais do paciente (beira-leito) até integração de resultados de exames laboratoriais, através de um enfileiramento de mensagens baseado em portas de comunicação utilizando mecanismos de SDN.

1.3.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos dessa dissertação são:

- Propor uma solução aderente a um ambiente hospitalar que se aproxime da maturidade ERAM 7 do HIMSS e com pouca complexidade de aplicação;
- Auxiliar na sistematização do percurso do paciente garantindo que protocolo assistencial siga conforme sugerido, independente de falhas de comunicação, gestão ou até mesmo falta conhecimento do profissional que o executa;
- Incentivar que instituições adotem protocolos sugeridos em campanhas de sobrevivência a Sepsis, podendo ser um meio de alcançar os objetivos do milênio da ONU referente aos seguintes itens: Reduzir a mortalidade infantil; Melhorar a saúde das gestantes; Combater a AIDS, Malária e outras doenças;
- Validar a abordagem citadas em experimentos que indiquem o desempenho da proposta.

1.4 ATIVIDADES DE PESQUISA

As etapas realizadas para alcançar os objetivos dessa dissertação foram as seguintes:

- Estudo sobre ambientes hospitalares e protocolos assistenciais;
- Pesquisa do estado da arte de QoS e ferramentas de suporte à decisão clínica que tenham essa preocupação;
- Definição de uma arquitetura aderente à necessidade de ambientes hospitalares;
- Aplicação dos mecanismos de QoS proposto em um ambiente hospitalar simulado;
- Análise dos dados coletados através de experimentos realizados.

1.5 ESCOPO DA DISSERTAÇÃO

Considerando os objetivos definidos, este trabalho propõe a aplicação de mecanismos de QoS a fim de prover a QoS necessário para aplicações em um ambiente altamente heterogêneo e exigente quanto o hospitalar, além de se preocupar com a adoção de protocolos assistenciais sistematizados por instituições de saúde. Ao longo do trabalho é proposta uma aplicação para protocolo de Sepse em seguida são realizados experimentos para avaliar o comportamento da solução proposta quanto a QoS.

1.6 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação é dividida em seis capítulos.

O Capítulo 2 - *Fundamentação teórica*: São apresentados fundamentos sobre a Sepse além de evidenciar a urgência do diagnóstico precoce;

O capítulo 3 - *Trabalhos relacionados*: São destacados alguns trabalhos com contribuição referente à área desse trabalho;

O capítulo 4 - *Abordagem proposta*: Apresenta o modelo e abordagem proposta para garantir a QoS necessário;

O capítulo 5 - *Ambiente e Resultados experimentais*: Descreve o ambiente utilizado para a obtenção dos resultados experimentais;

O capítulo 6 - *Conclusões e trabalhos futuros*: Apresenta as conclusões do trabalho, assim como a indicação de trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo tem como objetivo apresentar conceitos SDN e de medicina como as características da Sepsis conscientizar sobre a complexidade e urgência do tratamento e discutir um estudo de caso. Também são discutidos assuntos referentes a informática médica como prontuário eletrônico do paciente, conceitos de suporte a decisão clínica e níveis de acreditação hospitalar que podem ser utilizados como forma de tornar a solução mais aderente.

2.1 REDES DEFINIDAS POR SOFTWARE

Segundo Fernandes e Rothenberg (2014), embora o modelo atual de redes de computadores seja muito popular, sofre muito com relação a novas demandas, sugere ainda que existem muitas soluções "*ad hoc*" para finalidades específicas e atribui isso a estrutura pouco flexível das redes convencionais. Por fim conclui que essas soluções são fracas, pois não são escaláveis, evoluem lentamente e não possuem interoperabilidades.

Redes definidas por software são idealizadas no desacoplamento entre o plano de dados e o plano de controle, além de uma interface independente do fornecedor, o que garante uma maior versatilidade na gestão da rede. Segundo Shin, Nam e Kim (2012) é justamente esse desacoplamento que possibilita maior versatilidade para as redes SDN pois, os recursos da rede podem ser gerenciados através de um agente externo que executa algoritmos baseados nas demandas dos usuários sobre a rede.

Spalla et al. (2015) afirma que a principal características de uma rede SDN é que a mesma pode evoluir muito mais rápido, pois não sem a necessidade de mudanças de *hardware* a rede pode evoluir na mesma velocidade que um *software*, afinal não há a necessidade de aguardar novos recursos disponibilizados pelo fornecedor, ou até mesmo um novo produto que atenda as necessidades, basta os projetistas alterarem as regras da aplicação.

Essa abstração do plano de controle é possível graças ao controlador que trabalha como uma "sistema operacional de rede" (SEZER et al., 2013) e ainda sugere alguns tipos de controladores como NOX, POX, Floodlight, Beacon, Maestro e ONIX, entre outros.

Observando a Figura 1 podemos observar que o controlador pos-

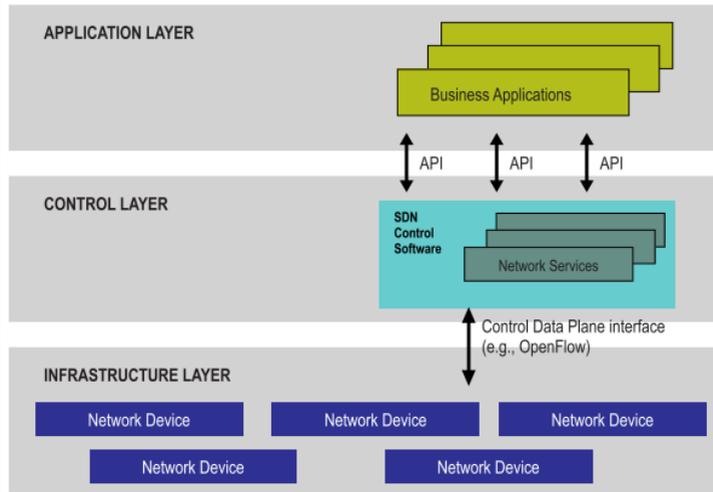


Figura 1 – Arquitetura SDN (FUNDATION, 2012)

sua visão global da rede, ou seja todas as regras da rede estão centralizadas em um único *switch* lógico. Com isso os computadores passam a ser mais simples, pois passam a ter uma única função de encaminhar pacotes.

2.2 PROTOCOLO OPENFLOW

O protocolo *OpenFlow* surgiu da necessidade de simular ambientes reais, pois a maioria das contribuições da comunidade científica não são testadas em um ambiente real. O protocolo *OpenFlow* permite que a tabela de fluxo seja definida conforme necessário, viabilizando que pesquisadores possam separar fluxos de produção e pesquisa em ambientes reais McKeown et al. (2008).

O protocolo é baseado em 4 partes básicas como vistos na Figura 2

- Tabela de fluxo: Relaciona os pacotes recebidos com os fluxos definidos;
- Canal de segurança: Responsável por prover a comunicação entre o controlador externo e o *switch*;
- Protocolo *OpenFlow*: Regras definidas para a comunicação entre

controlador e *switch*;

- Controlador: Determina como os pacotes serão administrados, além de gerenciar a tabela de fluxo.

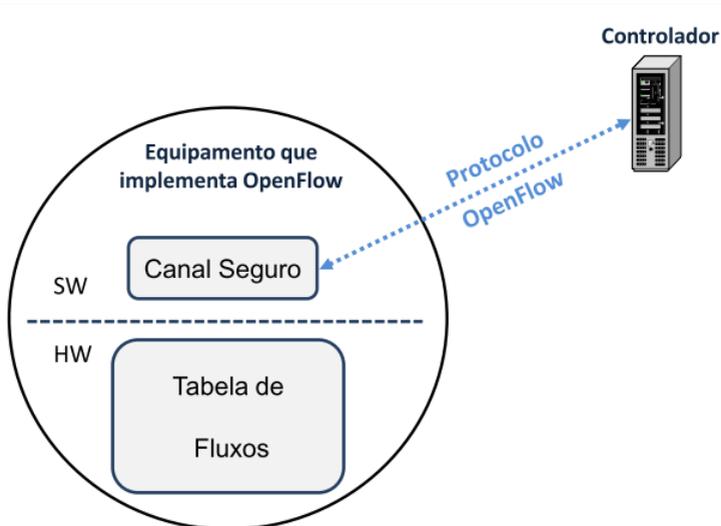


Figura 2 – *OpenFlow* (RODRÍGUEZ, 2014)

2.3 CARACTERÍSTICAS DA SEPSE

Sepse é uma resposta do corpo iniciada por um processo infeccioso e pode causar danos a tecidos, falhas de órgãos e morte. É crucial um diagnóstico precoce e tratamento nos primeiros estágios, pois esse quadro evolui rápido e portanto é uma situação emergencial. Sepses também é conhecida como septicemia ou síndrome da infecção generalizada.

Na Figura 3 citamos alguns termos utilizados por Siqueira-Batista et al. (2011) (Sepse, choque séptico, SIRS, infecção e sepsis grave) discutidos e definidos segundo Levy et al. (2003). Apresentados em um diagrama de Venn:

- Infecção ocorre devido à presença de microorganismos capazes de causar danos ao hospedeiro;

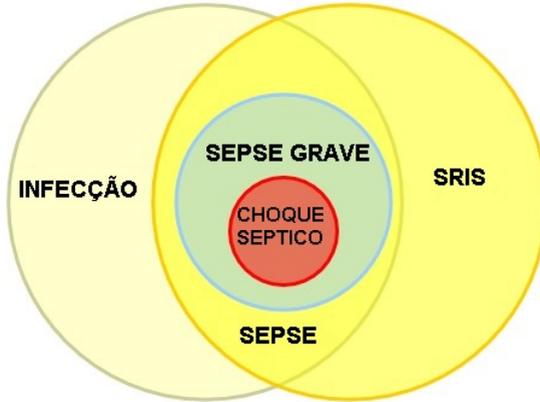


Figura 3 – Sepse taxonomia

- SIRS (*systemic inflammatory response syndrome*) é resposta sistêmica do corpo ocasionada por um trauma causado ou não por um processo infeccioso, por exemplo pancreatite, queimaduras, trauma, infecções devendo apresentar duas das condições abaixo:
 1. Temperatura $> 38,0$ ou $< 36,0$ graus celsius;
 2. Frequência cardíaca > 90 batimentos por minuto;
 3. Frequência respiratória > 20 irpm ou $\text{PaCO}_2 < 32$ mmHg ;
 4. Leucócitos $> 12.000/\text{mm}^3$ ou $< 4.000/\text{mm}^3$ ou $> 10\%$ bastões.
- Sepse é definida por critérios de SIRS em conjunto com suspeita ou confirmação de infecção;
- Sepse grave apresenta disfunção orgânica e hipotensão ou hipoperfusão dos tecidos identificado por ácido lático, oligúria ou nível de consciência alterado ou hipotensão com sistólica $< 90\text{mmHg}$. Esse é considerado a causa mais comum de mortes não coronarianas em UTIs;
- Choque séptico é um colapso agudo que ocorre quando a hipotensão não responde a administração intravenosa de fluidos.

McClelland e Moxon (2014) cita a importância da enfermagem para iniciar o protocolo de sepse previamente reforçando que esse é um problema urgente e multidisciplinar, além de discutir sobre a origem do problema como pode ser visto na Figura 4.

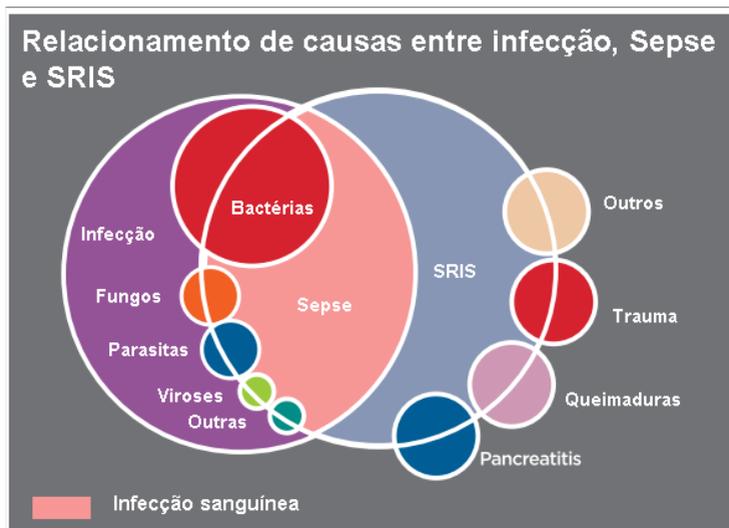


Figura 4 – Causas de sepse

Quanto aos critérios para o diagnóstico de sepse, eles são apresentados em grupos por Simon e Finfer (2013):

Variáveis gerais

- Febre (temperatura central $> 38.3^{\circ}\text{C}$) ou hipotermia (temperatura central $< 36^{\circ}\text{C}$);
- Frequência cardíaca > 90 bpm/min;
- Taquipneia;
- Alterações do estado mental;
- Edema importante ou balanço hídrico $> 20\text{ml/kg}$ em 24 horas;
- Hiperglicemia $> 150\text{mg/dl}$ na ausência de diabetes.

Variáveis inflamatórias

- Leucocitose $> 12.000/mm^3$ ou leucopenia $< 4000/mm^3$ ou $> 10\%$ formas jovens;
- Proteína C reativa $>$ acima 2 x LSN;
- $SvO_2 > 70\%$ e índice cardíaco $> 3,5$ l/min.m².

Variáveis de disfunção orgânica

- Hipoxemia arterial ($PaO_2 / FiO_2 < 300$);
- Oligúria aguda (débito urinário $< 0,5$ ml/Kg/h);
- Creatinina $> 2,0$ mg/dl;
- Alterações da coagulação (RNI $> 1,5$ ou PTTa $> 60s$), plaquetopenia (plaquetas $< 100.000/mm^3$);
- Hiperbilirrubinemia (BT > 2.0 mg/dl).

Variáveis de perfusão tecidual

- Hiperlactatemia (> 2 mmol/l).

Variáveis hemodinâmicas

- Hipotensão arterial (PAS < 90 mmHg, PAM < 70 ou queda na PAS > 40 mmHg).

2.4 COMPLEXIDADE E URGÊNCIA

Garantir que o protocolo seja atendido conforme o esperado é um grande desafio. De acordo com Assuno et al. (2010), o diagnóstico de sepse é satisfatório em caso de infecção, SIRS e choque séptico, mas é insuficiente em caso de sepse grave. Além do que, médicos intensivistas tem um melhor desempenho nesse diagnóstico, o que é evidenciado no estudo de caso que teremos adiante. O trabalho de Silva (2013) define três classes de fatores que influenciam a decisão clínica:

- Fatores inerentes ao profissional: fatores que passam por conhecimento e experiência profissional inclusive no âmbito motivacional, desgaste físico e emocional e situação financeira que podem fazer com que profissional realize consultas apressadas. Em um aspecto mais grave esses fatores podem ser diagnosticados como

síndrome de Burnout. Em média, 35% dos médicos estão em algum dos doze estágios da síndrome de Burnout de acordo com pesquisas citadas em Shanafelt et al. (2002) e Dyrbye e Shanafelt (2011).

- Fatores inerentes ao paciente: envolvem a capacidade de entendimento do mesmo que, por muitas vezes, possui alguma das características a seguir: um grau de instrução baixo, demência, doenças psíquicas, estar em coma, alucinando, recém nato, criança e até mesmo não ser confiável (hipocondríaco ou viciado por exemplo).
- Fatores inerentes ao ambiente: esses fatores estão diretamente relacionados com infra-estrutura e equipe multidisciplinar, assim como custos. Envolvem desde avaliações de nutricionistas, fisioterapeutas, entre outros profissionais.

A confiança nessa pirâmide de fatores é diretamente proporcional à qualidade do atendimento.

O protocolo sugerido por ILAS (2004a) demonstra que o problema de sepse envolve uma grande parte da instituição e alguns passos do mesmo tem como objetivo serem realizados em um intervalo de 30 minutos. A figura 5 mostra que a administração precoce do antibiótico é inversamente proporcional à taxa de sobrevivência.

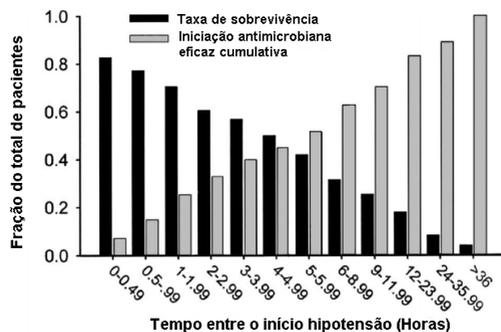


Figura 5 – Urgência da administração precoce de antibióticos (KUMAR; PRASAD, 2015)

2.5 PROTOCOLO DE SEPSE

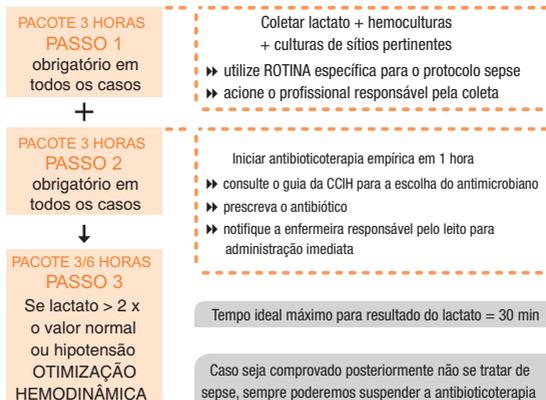
Esta seção irá discutir sobre o protocolo a ser seguido após a suspeita de sepse. Os pacotes de sepse foram desenvolvidos baseados em Rhodes et al. (2015) e Dellinger et al. (2004).

ATENDIMENTO AO PACIENTE COM PROVÁVEL SEPSE GRAVE/CHOQUE SÉPTICO

ABORDAGEM INICIAL DA ENFERMAGEM



PERANTE SUSPEITA CLÍNICA DE SEPSE GRAVE, SEGUIR OS SEGUINTE PASSOS



*Colha Kit sepse – hemocultura, gasometria arterial/lactato, hemograma, creatinina, bilirrubinas, coagulograma.

Figura 6 – Atendimento ao paciente com provável sepse grave/choque séptico (ILAS, 2004b)

A Figura 6 mostra os pacotes de tratamento de sepse, discutidos em Khan e Divatia (2010). São baseados em sete intervenções assistenciais. Periodicamente é emitido pelo ILAS um relatório analisando o desempenho dos hospitais participantes. A partir da suspeita de sepse grave o protocolo deve ser iniciado executando os passos abaixo.

1. Pacote de três horas (Passo 1 e Passo 2)

- Coletar lactato. São desejados trinta minutos para esse passo;
- Hemoculturas antes da administração de antibióticos;
- Iniciar antibioticoterapia empírica em uma hora, ou seja administrar antibióticos sem a identificação da causa da infecção considerando apenas os sintomas;
- Fluidos nos pacientes com hipotensão ou lactato acima de 2 vezes o valor normal.

2. Pacote de seis horas

- Vasopressores para obter PAM > 65mmHg;
- Mensuração de pressão venosa central;
- Mensuração de saturação venosa central de oxigênio.

2.6 ESTUDO DE CASO

O estudo relatado em Lotufo (2012) descreve o caso de JVF - uma jovem de dezenove anos grávida atendida no hospital de Limeira, São Paulo, Brazil. A evolução decorre da seguinte maneira:

- **08/06/2011, 11:31 am:** Foi admitida no pronto socorro e diagnosticada para Pielonefrite, infecção urinária;
- **10/06/2011, 06:35 am:** Após evolução do quadro demonstrar piora do paciente, ela foi transferida para uma unidade de terapia semi intensiva. Onde foi diagnosticada sepse com origem no trato urinário;
- **11/06/2011:** Após piora do quadro do paciente, ela foi transferida para uma UTI;
- **20/06/2011:** Com o correto tratamento começou apresentar melhoras e teve alta da UTI;

- **24/06/2011:** Recebeu alta do hospital e foi encaminhada para o serviço de gestação de alto risco do município;
- **21/10/2011:** Passou por uma cesareana, dando a luz a um recém-nascido de 2510g;
- **24/10/2011:** O recém nascido teve alta hospitalar.

Podemos mencionar alguns pontos desse estudo de caso:

- O estudo foi realizado no hospital ISCML, um hospital escola de atenção terciária a saúde;
- A instituição possui intensivistas trabalhando 24 horas por dia;
- A instituição sugere que a campanha de sobrevivência à sepse pode ser uma das maneiras de atingir as metas da ONU de reduzir em 75% as mortes maternas causadas por infecções sérias. Estando essa entre as três principais causas de morte no ciclo gravidez-puerperal;
- Foi discutida a dificuldade do time de ginecologistas de diagnosticar sepse e apontado também que esse é um diagnóstico comum para qualquer especialidade. Destacou ainda que é necessário seguir o protocolo de sepse e estendê-lo para todas especialidades;
- Concluiu-se que, mesmo considerando que o a paciente e o bebê sobreviveram, o caso é classificado pela ONU como uma *quase perda*. Este termo refere-se ao estágio que precede a morte porém é interrompido por uma precisa intervenção ou sorte.

Questões.

- O diagnóstico de sepse foi dado na UTI quase dois dias após a admissão e só após isso os antibióticos foram administrados. Esse diagnóstico não poderia ter acontecido antes dando ao paciente uma maior chance de sobrevivência?
- É aceitável que, conforme apontado nesse estudo de caso e confirmado em Assuno et al. (2010), médicos intensivistas tenham maior capacidade de diagnosticar sepse?
- Falando em diagnóstico de sepse podemos aceitar que todas os deflagradores serão devidamente avaliados considerando os fatores que influenciam a decisão e a complexidade dos deflagradores?

- Levando em consideração a baixa popularidade de sepse e a dificuldade do diagnóstico apontada em Assuno et al. (2010), podemos esperar que a instituição tenha um profissional capaz de fazer o diagnóstico correto? Podemos esperar que esse profissional esteja disponível? Como fazer com novos profissionais?

2.7 INFORMÁTICA MÉDICA

Os termos Informática Médica ou Informática em Saúde é o ponto de encontro entre as áreas de saúde ou medicina e ciência da computação. É definido por Blois e Shortliffe (1990) como um campo de rápido desenvolvimento científico que lida com armazenamento, recuperação e uso da informação, dados e conhecimento biomédico para a solução de problemas e tomada de decisão.

Segundo Silva (2003) o termo Informática Médica é definido por SBIS (2004) como:

A Saúde é uma das áreas onde há maior necessidade de informação para a tomada de decisões. A Informática Médica é o campo científico que lida com recursos, dispositivos e métodos para otimizar o armazenamento, recuperação e gerenciamento de informações biomédicas. O crescimento da Informática Médica como uma disciplina deve-se, em grande parte: aos avanços nas tecnologias de computação e comunicação, à crescente convicção de que o conhecimento médico e as informações sobre os pacientes são ingerenciáveis por métodos tradicionais baseados em papel, e devido à certeza de que os processos de acesso ao conhecimento e tomada de decisão desempenham papel central na Medicina moderna.

SBIS (2004) define como áreas de atuação da informática médica:

- Sistemas de Informação em Saúde;
- Prontuário Eletrônico do Paciente;
- Telemedicina;
- Sistemas de Apoio à Decisão;
- Processamento de sinais biológicos;

- Processamento de Imagens Médicas;
- Internet em Saúde;
- Padronização da Informação em Saúde.

2.7.1 Prontuário eletrônico do paciente (PEP)

A resolução 1.638/2002 do Conselho federal de medicina (ANDRADE; SILVA, 2002) diz que o médico tem o dever de elaborar o prontuário eletrônico para cada paciente que atendido, conforme previsto no art. 69 do código de médica ética e ainda define PEP:

Definir prontuário médico como o documento único constituído de um conjunto de informações, sinais e imagens registradas, geradas a partir de fatos, acontecimentos e situações sobre a saúde do paciente e a assistência a ele prestada, de caráter legal, sigiloso e científico, que possibilita a comunicação entre membros da equipe multiprofissional e a continuidade da assistência prestada ao indivíduo.

Xavier, Dora e Barros (2016) discutiram muito sobre a importância de manter informações a respeito do paciente de forma sistemática identificando como principal ferramenta o prontuário eletrônico do paciente(PEP).

A literatura internacional tem valorizado informações do PEP em formato eletrônico, pois provê maior fidelidade dos dados, assim como facilita comunicação entre profissionais e instituições (BRASIL; MEDEIROS; SALDANHA, 2015).

2.8 HIMSS E EMRAM

O HIMSS é uma associação internacional fundada em Chicago que tem como objetivo fortalecer a informática médica e a aplicação da tecnologia da informação para o setor de saúde. Uma das ações para acreditação hospitalar e a certificação da instituição de acordo com o EMRAM que é um processo de avaliação de maturidade hospitalar composto de oito estágios do nível 0 ao 7.

Analizando a figura 7, uma tradução de himssanalytics (2016) fica evidente que instituições recebem acreditação hospitalar a partir

de adoção de recursos de informática médica, além do fato de que um PEP digital e integração para compartilhar informações clínicas são requisitos para atingir o nível 7 do HIMSS. Portanto utilizaremos como base para análise de requisitos instituições com maturidade de level 7.

Estágios	Capacidades Cumulativas
Estágio 7	PEP completo em pleno uso por todos os setores do hospital. Integração para compartilhar informações clínicas. <i>Data Warehousing</i> alimentando relatórios com resultados clínico-assistenciais, qualidade e <i>Business Intelligence</i> (BI). Dados clínicos disponíveis entre todos os setores: emergência, internação, UTI, ambulatório e centro cirúrgico.
Estágio 6	Circuito fechado da administração de medicamentos. Interação da documentação médica com sistemas de apoio à decisão clínica (modelos estruturados e alertas de variância e conformidade).
Estágio 5	PACS completo com eliminação de filme de todas as imagens (<i>filmless</i>).
Estágio 4	Sistema de prescrição e solicitação de exames / procedimentos (CPOE) instalado em pelo menos uma área assistencial. Sistema de apoio à decisão clínica baseado em protocolos clínicos.
Estágio 3	Documentação de enfermagem no PEP. Sistema de apoio à decisão clínica (CDSS) para verificação de erros durante a prescrição e solicitação de exames. PACS disponível fora da Radiologia.
Estágio 2	Repositório de dados clínicos (CDR) instalado e centralizado. Pode ter um Vocabulário Médico Controlado (CMV), um sistema de apoio a decisão clínica para checagem básica de interações e capacidade de intercâmbio de informação clínica-assistencial.
Estágio 1	Sistemas para Laboratório, Radiologia e Farmácia instalados ou resultados de exames disponibilizados on-line a partir de prestadores de serviços externos.
Estágio 0	Os três sistemas clínico-departamentais (LIS - laboratório, RIS - radiologia e PHIS - farmácia) não instalados e sem nenhuma disponibilização on-line de informações.

Figura 7 – Electronic medical record adoption model(FOLKS, 2016)

2.9 SISTEMAS DE APOIO À DECISÃO CLÍNICA

Muitas áreas profissionais são fundamentadas em tomadas de decisão a partir de conhecimento adquirido. Portanto, tomar uma boa decisão é sempre fundamental e quanto maior a complexidade, mais difícil se torna essa tarefa.

Tratando-se de áreas médicas, a necessidade de tomar uma boa decisão tem uma relevância ainda maior. Sistemas de informação tem sido utilizados há muito tempo como ferramenta para otimizar a qualidade dessas tomadas de decisões.

Segundo Berner (2007): um Sistema de Apoio à Decisão (SAD)

é como a designação indica, um sistema de software concebido para auxiliar um profissional a tomar decisões associadas a uma determinada área de conhecimento. O objetivo principal é a redução da incerteza durante o processo de tomada de uma decisão.

Um SAD clínico é qualquer programa de computador projetado para ajudar os profissionais de saúde a tomar decisões clínicas. De certa forma, qualquer sistema de computador que lida com dados clínicos ou conhecimento se destina a fornecer apoio à decisão. (MUSEN; MIDDLETON; GREENES, 2014).

Seixas, Conci e Saade (2013) cita as taxonomias definidas por Berlin, Sorani e Sim (2006), Garg et al. (2005) e Wang e Shortliffe (2002) e o compilado das taxonomias feitas por Wright et al. (2011) conforme Figura 8.

Função	Descrição das facilidades
Sistema de apoio à dosagem de medicamentos	Ajustes automáticos da dosagem médica, verificação/alerta das composições das medicações, verificação/alerta das dosagens diárias máximas, verificação/alerta dos prazos de vencimentos, indicação de listas padrão.
Sistemas de apoio à elaboração da prescrição médica	Apoio à construção de sentenças e medicações utilizadas em prescrições médicas, prescrições baseadas em indicações, prescrições conforme serviço, condição ou procedimento, protocolos de tratamento, transferência de conjunto de prescrições.
Sistemas de alertas e lembretes no local e momento do atendimento	Verificação/alerta da condição do paciente e a administração de medicamentos, verificação/alerta da administração de diferentes medicamentos, verificação/alerta de alergias apresentadas pelo paciente, planos de alertas ou lembretes, verificação/alerta de itens críticos laboratoriais, verificação/alerta de administração dupla de medicamentos, gerenciamento de problemas, suporte a recomendação do exame ao radiologista, monitoramento de estados de alto risco.
Sistemas de divulgação de informações relevantes	Recuperação de informações sensíveis ao contexto, apresentação de dados relevantes ao contexto do paciente, apresentação de resultados e testes de medicamentos, interface do usuário sensível ao contexto.
Sistemas especialistas	Apoio a prescrição de antibiótico, apoio ao diagnóstico clínico , ferramentas de gerenciamento de riscos, ferramentas de prognóstico médico, apoio a transfusão, ferramentas de suporte nutricionais, interpretação de testes laboratoriais, planejamento do tratamento, ferramentas de triagem.
Sistemas de apoio a processos	Monitoramento e rastreamento de prescrições médicas, funções de registro, cadastro e reconciliação de dados/medicamentos, aprovação de prescrições, apoio a documentação.

Figura 8 – Classificação. (SEIXAS; CONCI; SAADE, 2013)

Os sistemas de apoio a processos ou *clinical pathway* visam auxiliar que o paciente seja atendido como definido em protocolos médicos, padronizando e garantindo qualidade de atendimento. Conforme a Figura 9, é esperado que o paciente seja admitido e passe por todas etapas necessárias de seu atendimento no período ideal para o mesmo. A importância do *clinical pathway* é reforçado pela Figura 5 onde vemos que

o diagnóstico tardio da sepse é extremamente prejudicial ao paciente.

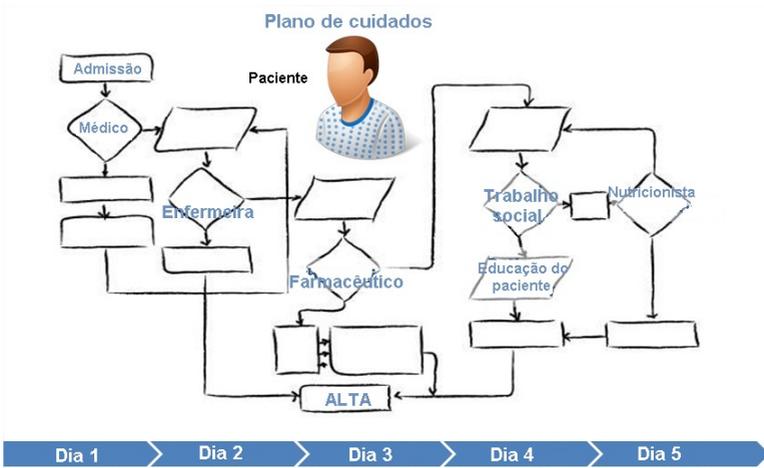


Figura 9 – clinical pathways. (AHMAD, 2014)

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Nesse capítulo são apresentados diversos trabalhos relacionados à aplicação de SDN para garantir QoS. No final do capítulo é apresentada uma tabela com a síntese dos trabalhos e em seguida as considerações sobre o estado da arte.

3.1 APLICAÇÃO DE QOS ATRÁVES DE MECANISMOS DE SDN

3.1.1 (SILVA et al., 2015)

O trabalho realizado por Silva et al. (2015) descreve três usuários que utilizam serviços diferentes em uma mesma rede e são aplicados diferentes QoS de acordo com a necessidade da aplicação. As aplicações são de *Game on Demand*, *Video on demand* e um ambiente de *e-health*, é utilizado Floodlight e realizado uma comparação do comportamento com e sem mecanismos de QoS e por fim feito um teste da taxa de transferência na rede.

3.1.2 (BARI et al., 2013)

Em Bari et al. (2013) é apresentado o PolicyCop uma ferramenta para gerenciamento de política QoS baseado em SDN e Floodlight onde o usuário pode definir SLA através de uma interface. O Polycop monitora a rede e ajusta os parâmetros automaticamente para satisfazer o SLA dos clientes. São feitos dois experimentos a fim de analisar como o Polycop atua em relação à taxa de transferência quando ocorre queda de conexão ou violação de políticas.

3.1.3 (SEDDIKI et al., 2014)

Seddiki et al. (2014) descreve uma iniciativa para disponibilizar um conjunto de ferramentas com objetivo de facilitar o uso de QoS através de SDN em ambientes domésticos. O trabalho é baseado em POX McCauley (2016) e conclui que os experimentos apresentaram ganhos com relação a *stream* de vídeo e VOIP porém ainda está em andamento e está sendo analisado para estender à outras aplicações.

3.1.4 (EGILMEZ et al., 2012)

O trabalho realizado por Egilmez et al. (2012) cria um mecanismo que monitora a rede. Porém nesse caso o QoS é garantido através de manipulação de rotas de tráfego. Os resultados destacam que é possível garantir QoS sem prejudicar outros serviços. O autor também defende o uso do Floodlight, por ser estável, de código aberto, modulado e desenvolvido em Java.

3.1.5 (ISHIMORI et al., 2013)

Ishimori et al. (2013) cria um controlador de pacotes o *QoSFlow*, um *framework* que utiliza funções baseadas em parâmetros primitivos permitindo a um controlador manipular dinamicamente requisitos de QoS. Porém exigem que tanto o *switch* quanto o controlador possuam a API do *QoSFlow*.

3.1.6 (WALLNER; CANNISTRA, 2013)

São trabalhadas muitas variáveis para atingir QoS como, disponibilidade, escalabilidade entre outros, e esses fatores podem causar uma série de problemas no comportamento da rede. Recursos SDN podem prover uma melhor governança para a rede devido a isso o trabalho de Wallner e Cannistra (2013) sugere uma abordagem de controlador de rede centralizada que irá atuar para garantir QoS em função dos fatores apresentados. Essa abordagem também é realizada utilizando o Floodlight.

3.1.7 (ONGARO, 2014a)

Ongaro (2014a) traz uma abordagem similar a abordagem proposta em Silva et al. (2015) onde existem duas aplicações que podem atuar simultaneamente em uma rede. É através de uma arquitetura baseada em um controlador Floodlight que o QoS é garantido. O trabalho apresenta uma concorrência entre aplicações de vídeo e aplicações de saúde, também analisa ambientes de rede sem fio.

Artigo	Aplicação	Sumário
(SILVA et al., 2015)	Vídeo, Jogos e ambiente de saúde	Abordagem centrada na experiência do usuário utilizando SDN para prover QoS
(BARI et al., 2013)	Vários. Gerenciamento de redes	Framework que monitora a rede e aplica políticas pré determinadas afim de prover QoS
(SEDDIKI et al., 2014)	Vários. Gerenciamento de redes	Sistema que suporta configuração de alto nível para gerenciar QoS em redes domésticas
(EGILMEZ et al., 2012)	Streaming de vídeo	Implementa através do SDN um roteamento de QoS dinâmico
(ISHIMORI et al., 2013)	Vários	OpenFlow 1.0 provendo QoS empregando agendamento de múltiplos pacotes do Linux
(WALLNER; CANNISTRA, 2013)	Vários. gerenciamento de redes	Abordagem QoS para um controlador <i>open-source</i> focado em <i>diff-serv</i> formato de troca
(ONGARO, 2014b)	Streaming de Vídeo, e ambiente de saúde	QoS aplicada para stream de vídeo e dados clínicos

3.2 CONSIDERAÇÕES

Não foram encontrados trabalhos que lidam com requisitos dinâmicos de QoS de uma aplicação, onde o requisito considerado esteja no âmbito das regras de negócio da aplicação. Em outras palavras, os requisitos de QoS são definidos de acordo com a necessidade definida no protocolo assistencial a ser executado, portanto a utilização de QoS aqui proposta é uma forma de garantir que a aplicação consiga atender as especificações do protocolo assistencia executado. Os trabalhos realizado em Silva et al. (2015) e Ongaro (2014a) tem semelhança com a solução aqui proposta, pois ambos buscam diferentes níveis de QoS para distintas aplicações e consideram ambientes hospitalares, porém ambos se limitam a diferenciar o QoS através da aplicação, enquanto nesse propomos que uma mesma aplicação possa ter seu QoS diferenciado através da porta onde irá ocorrer a comunicação. Dentre as vantagens da solução proposta está a facilidade de integrar esse QoS a qualquer integração que acontece sobre uma porta que seja consumida exclusivamente por um serviço e a baixa sobrecarga no custo do processamento das mensagens pois o QoS é garantido exclusivamente através de portas não exigindo que mensagens sejam analisadas.

4 ABORDAGEM PROPOSTA

Este capítulo mostra um ambiente hospitalar, sua complexidade e necessidade de diferentes níveis de QoS para uma mesma aplicação, também é descrito o modelo proposto que tem como objetivo analisar se mecanismos de SDN podem prover diferentes níveis de QoS exigidos por uma aplicação através de diversos enfileiramentos em requisições recebidas em portas distintas. Em seguida é apresentado um modelo dos componentes da integração sugerida.

4.1 AMBIENTE HOSPITALAR E QUALIDADE DE SERVIÇO

Ambientes hospitalares possuem uma série de serviços rodando simultaneamente. Podemos citar alguns como:

- Serviços de mensagens;
- Ambientes colaborativos;
- Integrações com exames;
- Exames de imagens;
- Serviço para multimédia;
- Segurança; entre outros.

Cada um desses serviços possui prioridades diferentes e com novos recursos de rede isso tem sido visto como citado em Skorin-Kapov e Matijasevic (2010) que define algumas classes de serviço para ser aplicado QoS conforme a Figura 10. Diz que pacientes com monitoramento de sinais vitais possuem necessidades diferentes. Por exemplo, os que estão em estado mais grave podem ter seu monitoramento realizado a cada segundo enquanto um paciente em bom estado pode ter seu monitoramento realizado a cada hora por exemplo, portanto aqui temos um mesmo serviço, uma mesma aplicação mas necessidades diferentes.

4.2 SOLUÇÃO PROPOSTA

A Figura 11 apresenta uma visão completa da solução, onde os nós destacados em verde representam etapas já concluídas da pesquisa,

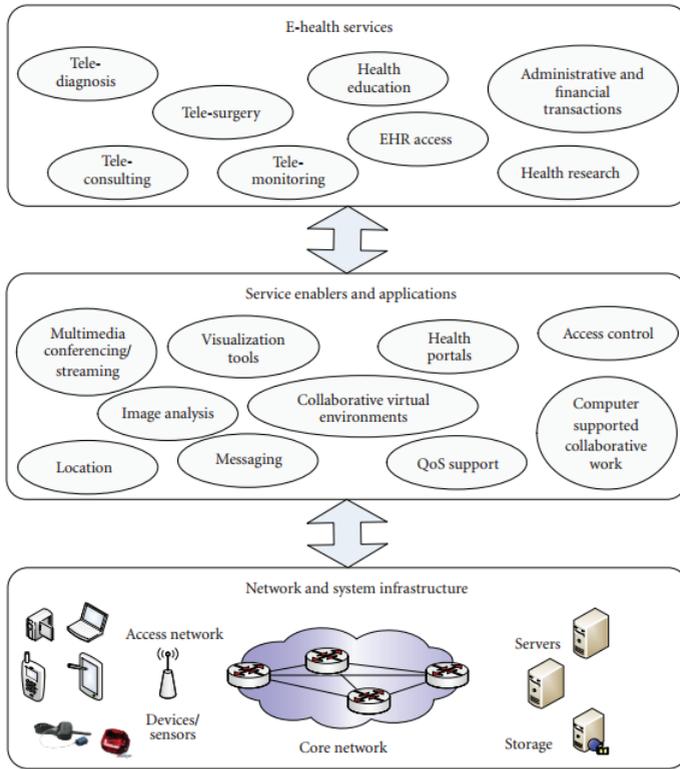


Figura 10 – Camadas de um ambiente hospitalar. (SKORIN-KAPOV; MATIJASEVIC, 2010)

dessa forma optamos por discutir mecanismos de QoS na próxima seção desse capítulo. Porém existem outras características dessa proposta que serão tratadas em trabalhos futuros mas discutiremos nesta seção a fim de apresentar os caminhos que esse estudo deve seguir.

Analisando a Figura 11 temos uma visão de como será o escopo final e os pontos a serem explorados serão justificados e motivados abaixo.

4.2.1 Interface gráfica

Essa seção irá descrever os meios de interação direta com o usuário

- Fluxograma: Será disponibilizado uma interface gráfica onde a instituição poderá definir ou customizar um protocolo assistencial a ser seguido, assim que o paciente for iniciado em um protocolo será possível consultar em qual o etapa do fluxograma o paciente está. O protocolo de Sepsis é utilizado como uma referência para o desenvolvimento, por ser complexo e extremamente relevante.
- Atualização de tarefas: Deve ser disponibilizado um meio para que os usuários responsáveis por determinada tarefa possam atualizar sua situação e assim mover o protocolo assistencial para uma nova etapa do fluxograma;
- Monitoramento de tarefas: Será possível que um perfil de profissional, conforme regra estabelecida pela instituição, possa consultar quais protocolos existem abertos e garante que os mesmos sigam conforme boas práticas.

4.2.2 Suporte a decisão clínica

Essa seção irá definir quais as características de suporte a decisão clínica a solução proposta deve atender, analisando a afirmação abaixo, podemos explicar algumas características de sistemas de suporte a decisão clínica que pretendemos atingir.

O paciente A está com suspeita de Sepsis e teve alguns exames solicitados conforme sugerido pelo ILAS. Um dos exames teve seu resultado integrado ao sistema indicando oligúria (diminuição do volume urinário) o que sugere uma disfunção orgânica e enquadra o paciente com um quadro de Sepsis grave.

- Diagnóstico: Assim que o exame fosse integrado, o paciente que antes tinha Sepsis e agora possui um débito urinário seria classificado pela aplicação como Sepsis grave antes de qualquer análise clínica;
- Alerta: O médico plantonista ou o profissional responsável pelo atendimento seria alertado agilizando assim uma ação médica;

- Apoio a processos: O alerta médico, o posicionamento do paciente no protocolo assim como a QoS e a conscientização da importância da ação pendente ao profissional do protocolo são ferramentas de apoio ao processo médico;
- Divulgação da informação: A coleta de informações sigilosas e a comparação de resultados de protocolo implementados em diferentes instituições ou mudanças em um protocolo seriam uma fonte valiosa de pesquisa para avanços médicos.

4.2.3 Interface de integração com o prontuário

Será pesquisado sobre alguns dos principais padrões mundiais utilizados para interoperabilidade entre sistemas de saúde com o objetivo de garantir uma maior aceitação e aderência da solução proposta.

4.2.4 Segurança e sigilo

Existem preocupações com relação à segurança das informações do paciente e garantir todo o sigilo referente a informação que poderia ser disponibilizada pela instituição, portanto serão avaliados mecanismos para garantir a segurança e o sigilo necessário.

4.2.5 Gerenciamento de mensagens

Como o paciente pode estar se movimentando entre setores ou, passar de um nível de QoS para outro é uma preocupação que as mensagens cheguem desordenadas. Por exemplo, um sinal vital aferido em um setor de UTI, ou através de monitoração manual durante uma passagem de setor para realizar algum exame. Como garantir que o sistema não interprete ou não receba as mensagens em ordem trocadas? Ou ainda que consiga lidar com isso caso aconteça?

4.2.6 Transparência de recursos

Quando uma ação é necessária em um setor de enfermagem, ou para o médico de plantão a aplicação não precisa necessariamente saber onde entregar a mensagem mas disponibilizar meio para que a

mesma seja entregue. Para essas situações também serão analisados entrega de exames à laboratórios externos ou serviços terceirizados e esse recurso estará disponível em um ambiente externo a rede, que mesmo sendo externo a rede ainda assim deveriam ser alertados da urgência do protocolo.

4.2.7 Coleta de estatísticas

Serão estudadas ferramentas para analisar os dados coletados, disponibilizando assim meios de evidenciar comportamentos dos protocolos.

4.2.8 Qualidade de contexto

Também serão avaliados mecanismos para qualidade de contexto, como discutido em Nazário et al. (2015), buscando assim otimizar o desempenho do modelo proposto, Porém esta etapa é um grande desafio, pois o contexto também deve ser analisado a partir do fluxograma definido pela instituição.

4.3 O MODELO DE QOS PROPOSTO

São propostos recursos com objetivo de prover QoS e facilitar a adoção e manutenção de protocolos médicos em um ambiente hospitalar, é importante ressaltar que o escopo do trabalho é restringido a QoS mas outros tópicos serão analisados futuramente conforme descrito nos trabalhos futuros.

A proposta é mais aderente a uma instituição com prontuário eletrônico do paciente em pleno uso e capaz de integrar informações do mesmo. Ela está em conformidade com requisitos definidos pela acreditação hospitalar nível 7 do HIMSS. Portanto serão utilizados recursos existentes da instituição para que nossa proposta seja implementada.

Em uma breve análise, a Figura 12, está apresenta um ambiente hospitalar com setores de UTI supervisionados por monitores beira-leito que, por sua vez, comunicam com a central de monitoramento do fornecedor. Tanto os monitores quanto a central podem ser de diversos fornecedores. Algumas instituições podem ter inclusive mais de um fornecedor para a central de monitoramento. Essa central tem função de integrar as informações do monitoramento beira-leito com o PEP do

paciente. Essa comunicação é feita através do servidor de aplicação do sistema de gestão hospitalar utilizado.

A situação descreve uma integração de sinal vital, pois é o ambiente mais complexo identificado. Podem-se ter informações integradas a partir de resultados de exames, ou até mesmo intervenções ou procedimentos inseridos diretamente no PEP do paciente.

A partir do momento que o prontuário eletrônico do paciente possuir as informações, as mesmas serão enviadas para a aplicação de sepsis que irá auxiliar o médico no diagnóstico precoce. Assim que o protocolo for iniciado a aplicação irá coordenar onde existem ações necessárias para o paciente, assim como viabilizar que o *clinical pathway* do protocolo aconteça conforme sugerido pelo processo definido na instituição.

Conforme visto anteriormente, Skorin-Kapov e Matijasevic (2010) e Silva et al. (2015) idealizam ambientes voltados para a saúde onde existem diferentes serviços concorrendo e muitos deles exigem QoS. Porém não podemos afirmar que um mesmo serviço ou uma mesma aplicação terá sempre a mesma necessidade de QoS. Portanto, o conceito é que a QoS será garantida pela porta de comunicação e não pela aplicação, possibilitando assim que uma mesma aplicação possua diferentes QoS.

4.4 COMPONENTES DA INTEGRAÇÃO PROPOSTA

A solução proposta segue um modelo de integração entre três sistemas:

O monitoramento beira-leito de fornecedores de terceiro;

O sistema de PEP legado da instituição;

A aplicação de sepsis.

A Figura 13 apresenta esse modelo de integração.

O modelo proposto, por se tratar de uma integração, terá pouco impacto na infra-estrutura da instituição e não precisa conhecer detalhadamente cada origem de informação, aplicação ou serviço que insere informação no PEP. Seguem alguns exemplos de aplicações que podem ter diferentes QoS ou diferentes aplicações podendo ter a mesmo QoS:

- Monitoramento beira-leito de diferentes monitores podem ter a mesma QoS;
- Monitoramento de diferentes setores podem ter QoS diferentes conforme necessidade, por exemplo UTI e pós operatório;

- Pacientes em diferentes quadros clínicos podem ter diferentes QoS;
- Resultados de diferentes exames podem ter diferentes QoS;
- Ações penderes de ação disparadas para os pontos de ação definidos na Figura 12 podem ter diferentes QoS.

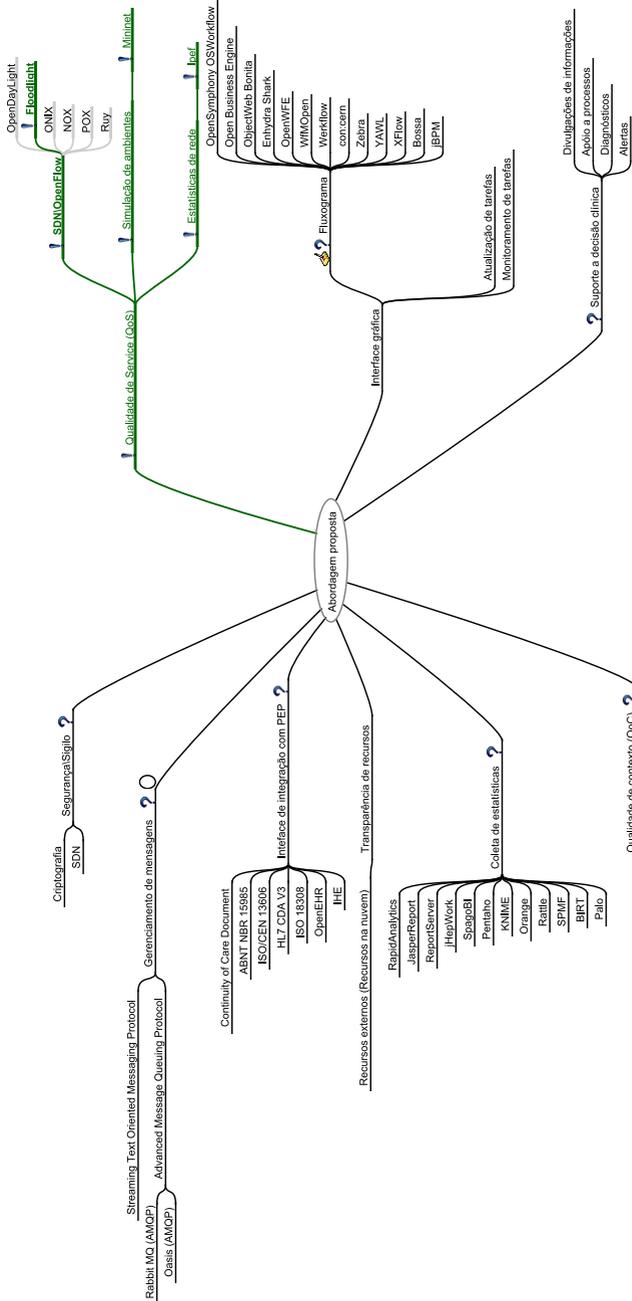


Figura 11 – Solução proposta

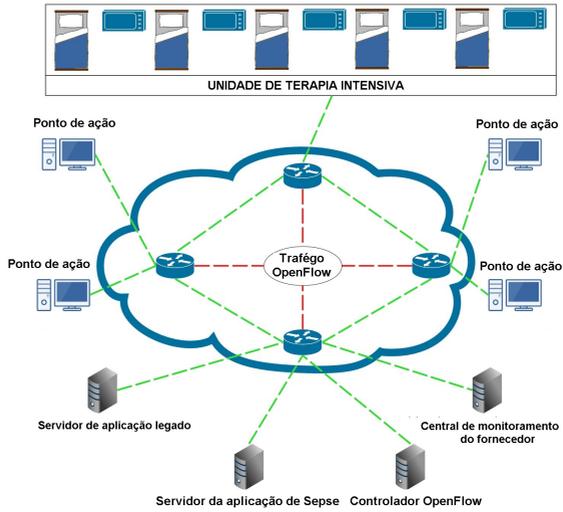


Figura 12 – Proposta para QoS

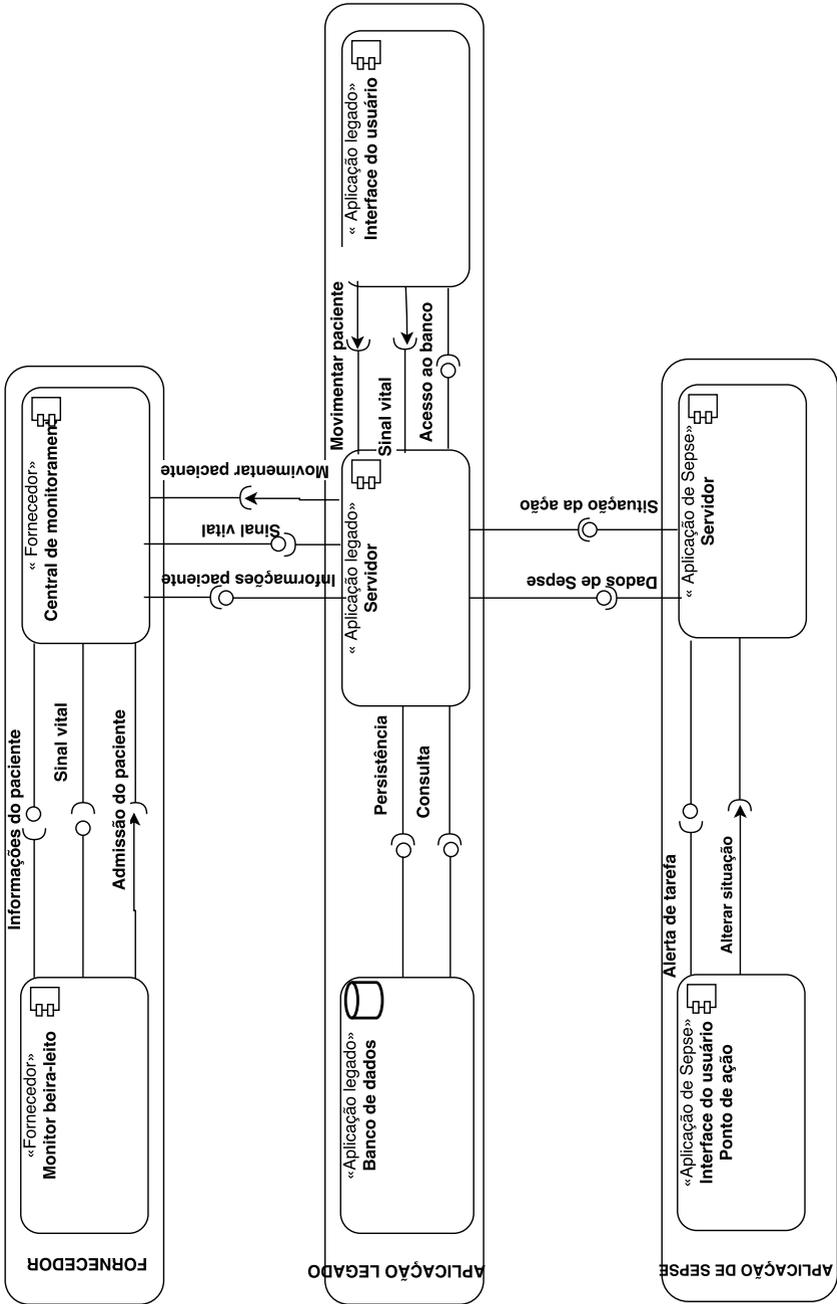


Figura 13 – Modelo de integração

5 AMBIENTE E RESULTADOS EXPERIMENTAIS

O objetivo desse capítulo é avaliar o comportamento da abordagem proposta quanto a aplicação de redes definidas por software. Em um primeiro momento será apresentado o ambiente utilizado e em seguida os testes realizados serão detalhados.

Foram realizados três testes: o primeiro visa comparar o comportamento da rede com e sem mecanismos de QoS; o segundo tem por objetivo analisar a transferência de grandes volumes de dados em tempo, simulando exames de imagens ou monitoramento de sinais vitais com frequência muito alta por exemplo. O terceiro teste compara a latência com e sem mecanismos de QoS.

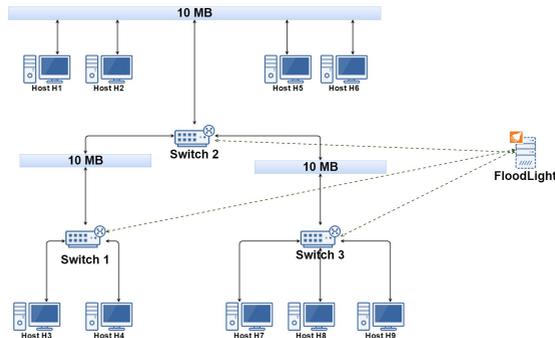


Figura 14 – Ambiente (ASSUITI et al., 2016)

A Figura 14 apresenta a topologia de redes definida através do simulador Mininet (MININET, 2016), o controlador utilizado foi o Floodlight (FLOODLIGHT, 2016), Open vSwitch (OPENVSWITCH, 2016) e iPerf (ESNET, 2016).

Abaixo temos uma breve descrição das ferramentas utilizadas:

- Mininet é um simulador de plataformas de redes que permite a criação de múltiplos nós, sendo eles *hosts*, *switches* ou controladores. Além disso ele é utilizado para testar diferentes topologias de rede e é amplamente utilizado em pesquisas sobre SDN.
- Floodlight é um controlador SDN de código aberto escrito em Java bem popular e com boa documentação. Open vSwitch é um

projeto de *software* compatível com protocolos tais como *Open-Flow* e configurações de filas de QoS.

- Open vSwitch é um switch virtual de múltiplas camadas sob a licença do Apache 2.0. Projetado para permitir a automatização de rede através da extensão programáveis, apoiando ainda interfaces de gerenciamento padrão e protocolos (por exemplo, NetFlow, sFlow, IPFIX, RSPAN, CLI, LACP, 802.1ag).
- Iperf é uma ferramenta utilizada para coletar estatísticas sobre o comportamento da rede.

Ainda sobre a Figura 14, foi criado o controlador Floodlight, nove *hosts* (h1 até h9) e três *switches* (s1 até s3) utilizado para todos os experimentos.

5.1 EXPERIMENTOS PRELIMINARES

5.1.1 Experimento 1 - Largura de banda entre os hosts

5.1.1.1 Sem configurações de QoS

Inicialmente foi testada a largura de banda onde foram estabelecidas seis conexões entre os hosts como descrito abaixo:

- C1: Conexão entre h1 e h9 sobre a porta 9000 com duração de trinta segundos;
- C2: Conexão entre h2 e h9 sobre a porta 9000 com duração de trinta segundos;
- C3: Conexão entre h3 e h8 sobre a porta 80 com duração de cinquenta segundos;
- C4: Conexão entre h5 e h8 sobre a porta 80 com duração de cinquenta segundos;
- C5: Conexão entre h4 e h7 sobre a porta 9001 com duração de trinta segundos;
- C6: Conexão entre h6 e h7 sobre a porta 9001 com duração de trinta segundos.

As conexões C1 e C2 simulam o tráfego entre monitores beira leito e central de monitoramento;

As conexões C3 e C4 simulam tráfego de fundo, por exemplo downloads, vídeo chamadas, stream de vídeos e até mesmo integrações com exames de imagens, por exemplo.

As conexões C5 e C6 simulam o tráfego da aplicação de Sepse.

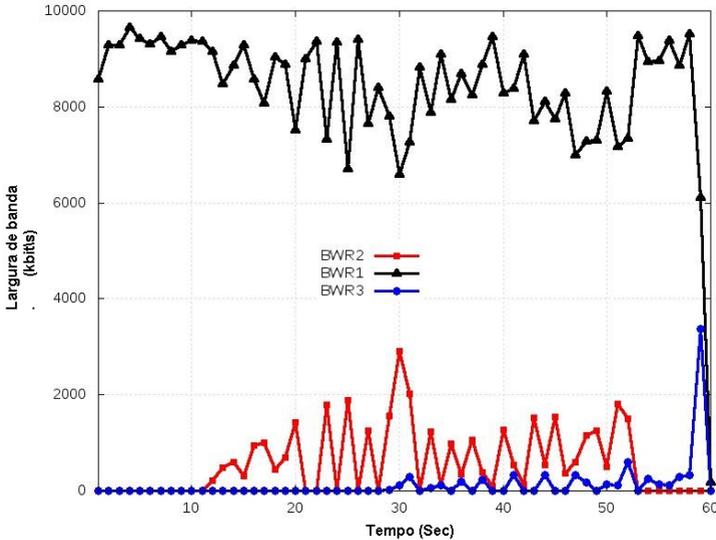


Figura 15 – Ambiente sem mecanismo de QoS (ASSUITI et al., 2016)

Na Figura 15 podemos observar que as configurações C3 e C4 simulando tráfego de fundo representam a largura de banda recebida por h8 e são denominada por BWR1. Dez segundos depois, as conexões C1 e C2 iniciam o tráfego referente ao monitoramento de sinais vitais realizados na UTI sobre a porta 9000 e é denominada de BWR2. Vinte segundos depois é iniciada a comunicação através da conexão C5 e C6 e a largura de banda recebida por h7 é denominada por BWR3.

Analisando a Figura 15 é possível verificar que o tráfego de fundo acaba consumindo muito da largura de banda disponível e prejudicando a comunicação referente a aplicação de Sepse, assim como o monitoramento de sinais vitais. Para esse primeiro ambiente não existe nenhuma ferramenta de QoS, ou seja a concorrência é aberta.

5.1.1.2 Com configurações de QoS

Para garantir largura de banda para a aplicação de Sepse foram definidas filas no controlador Floodlight como segue abaixo:

- Fila 1: com taxa de transferência máxima de oito megabits;
- Fila 2: com taxa de transferência de quatro megabits;
- Fila 3: com taxa de transferência mínima e máxima de dois megabits;

Após as novas configurações temos então:

- C1: Conexão entre h1 e h9 sobre a porta 9000 e fila 3 com duração de trinta segundos;
- C2: Conexão entre h2 e h9 sobre a porta 9000 e fila 3 com duração de trinta segundos;
- C3: Conexão entre h3 e h8 sobre a porta 80 e fila 1 com duração de cinquenta segundos;
- C4: Conexão entre h5 e h8 sobre a porta 80 e fila 1 com duração de cinquenta segundos;
- C5: Conexão entre h4 e h7 sobre a porta 9001 e fila 2 com duração de trinta segundos;
- C6: Conexão entre h6 e h7 sobre a porta 9001 e fila 2 com duração de trinta segundos.

Comparando os resultados do gráfico da Figura 15 e da Figura 16 é possível identificar que, com as configurações de QoS sobre as aplicações utilizadas em portas específicas, a entrega de dados fica muito mais consistente de acordo com a urgência requerida pela aplicação. Como descrito nos capítulos 1 e 2 que falam sobre a urgência da Sepse, alguns passos têm expectativa máxima de trinta minutos, isso considerando interação entre diferentes profissionais. Portanto o QoS aplicado a essa situação pode ajudar a alcançar a urgência exigida pela aplicação.

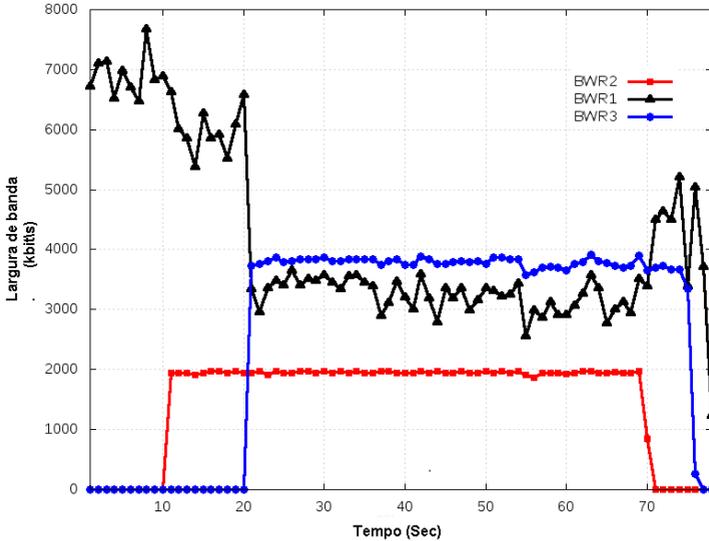


Figura 16 – Ambiente com mecanismo de QoS (ASSUITI et al., 2016)

5.1.2 Experimento 2 - Arquivo enviado através dos hosts

Para o segundo experimento da Figura 17 e Tabela 1 foram realizadas transferências de arquivos de diferentes tamanhos entre dois pares de hosts:

- h1-h9 sobre a porta 9000 (FT1): Simulando tráfego entre monitores beira leito e central de monitoramento
- h4-h7 sobre a porta 9001 (FT2): Simulando dados da aplicação de Sepsis

O tráfego de fundo utilizados no teste anterior foi mantido com objetivo de simular uma maior concorrência no ambiente. Foram utilizadas as mesmas configurações do teste anterior. Portanto FT1 utilizou a fila três com largura mínima e máxima de banda de 2 megabits; FT2 utilizou a fila dois com largura mínima e máxima de 4 megabits.

O resultado apresentado nesse experimento mostrou que as configurações de QoS podem reduzir significativamente o tempo para enviar um certo volume de dados, o que é essencial para garantir a escalabilidade de uma aplicação que exija QoS em um ambiente exigente.

Tabela 1 – Transferência de arquivos em segundos (ASSUITI et al., 2016)

Tamanho arquivo(MB)	FT1	FT1 com QoS	FT2	FT2 com QoS
4	60.41	17.03	89.26	8.79
8	72.66	34.03	57.70	17.43
1	113.99	74.46	87.58	34.52
3	168.11	135.16	181.49	70.41

Também concluímos que mesmo uma largura de banda pequena pode prover um QoS satisfatório.

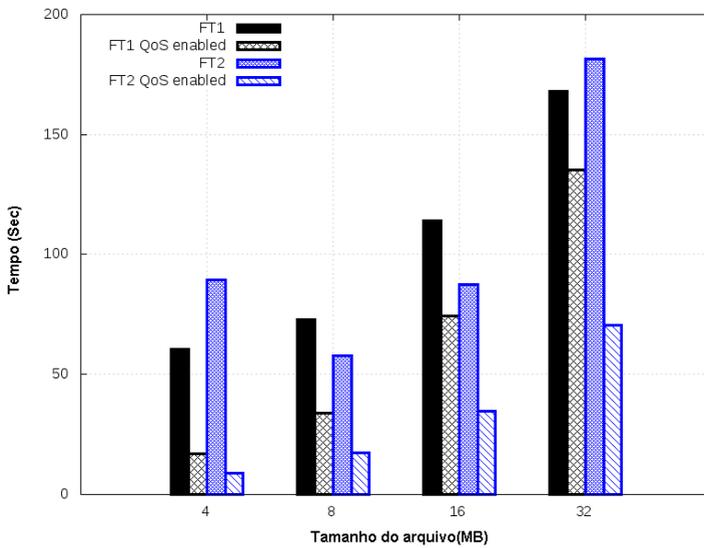


Figura 17 – Experimento com transferência de arquivo (ASSUITI et al., 2016)

5.1.3 Experimento 3 - Latência entre hosts

Este experimento utiliza exatamente as mesmas configurações do experimento um, com configurações de QoS, porém o objetivo é verificar a latência entre as conexões C1, C2, C5, C6. A figura 18 mostra que, quando não existe configurações de QoS, a latência chega a valores expressivamente altos de acordo com a competição da rede, enquanto com configurações de QoS, a latência tende a ficar entre 0 e 1.

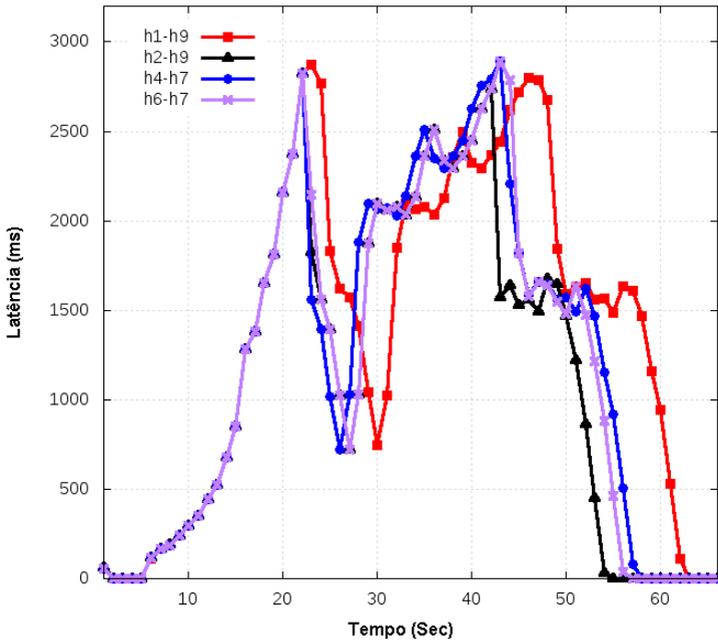


Figura 18 – Latência (ASSUITI et al., 2016)

6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O trabalho propõe o uso de redes definidas por software para atender a urgência exigida pela aplicação e garantir a qualidade de serviço necessária, mantendo toda a topologia e arquitetura existente utilizando recursos já disponíveis para acreditação hospitalar e com baixo impacto ao ambiente. Em um ambiente hospitalar essa abordagem vai prover garantia de serviços para aplicação que implementa o protocolo de Sepsis.

Os experimentos realizados mostraram-se promissores quanto a QoS através do gerenciamento de filas para a aplicação de Sepsis, onde outros hosts concorrentes na rede sem mecanismos de QoS contribuíram para deterioração da comunicação. O experimento também mostrou que é possível e relativamente simples aplicar recursos de SDN em aplicações que exigem garantias de QoS se a aplicação utilizar alguma porta específica quando for necessário QoS.

Como trabalho futuro, pretendemos construir uma ferramenta de suporte a decisão clínica com capacidade de auxiliar no diagnóstico de Sepsis em seus estágios iniciais, além de alertar ações necessárias e auxiliar no gerenciamento do curso do paciente em seu tratamento. Iniciaremos implementando o protocolo de Sepsis proposto por (ILAS, 2004b), porém objetivo é disponibilizar um módulo onde a instituição possa modelar o protocolo que deseja utilizar definindo um fluxograma com decisões lógicas e interpretações de variáveis de acordo com sua necessidade. Para essas variáveis será analisado a viabilidade da aplicação possuir interfaces nativas para padrões aceitos pelo (HIMSSANALYTICS, 2016) para a acreditação hospitalar nível 7 do ERAM, como por exemplo HL7v2.X ou CDA (CCD – Continuity of Care Document). Também será avaliada a possibilidade de utilizar qualidade de contexto assim como (NAZÁRIO et al., 2015). Por exemplo uma temperatura corporal entre 36 e 38 pode não ser interessante para o protocolo de Sepsis da instituição, no entanto isso é um grande desafio pois algumas das variáveis deflagradoras de Sepsis são calculadas através do desvio padrão.

Uma vez aplicado em ambientes reais seria interessante desenvolver indicadores de gestão permitindo que a instituição ou até mesmo o órgão que desenvolveu o protocolo possam ter informações sobre os dados de cada etapa do fluxo.

Nas seções anteriores ficou claro que o problema de sepsis é crítico por se tratar da maior causa de mortes em UTIs e porque em

geral os profissionais não estão preparados para lidar com esse diagnóstico. Analisando a figura 5 e analisando os pacotes sugeridos por (ILAS, 2004b) fica claro que o diagnóstico precoce é muito importante para um tratamento efetivo, mas também é muito complexo por envolver todo o corpo clínico da instituição.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, A. *Are Pathways Effective in Acute Kidney Injury (AKI)?* [S.l.]: KSAU-HS Convention Center, Jeddah, 2014.
- ANDRADE, E.; SILVA, R. *Resolução nº 1.638/2002*. Brasília, DF, 2002.
- ASSUITI, M. et al. A software-defined network configuration providing differentiated qos to an ehealth environment. In: THE STEERING COMMITTEE OF THE WORLD CONGRESS IN COMPUTER SCIENCE, COMPUTER ENGINEERING AND APPLIED COMPUTING (WORLDCOMP). *Proceedings of the International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (PDPTA)*. [S.l.], 2016. p. 237.
- ASSUNO, M. et al. Survey on physicians' knowledge of sepsis: Do they recognize it promptly? *Journal of Critical Care*, Elsevier B.V., v. 25, n. 4, p. 545–552, 2010. ISSN 08839441. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrc.2010.03.012>>.
- BARI, M. F. et al. Policypop: an autonomic qos policy enforcement framework for software defined networks. In: IEEE. *Future Networks and Services (SDN4FNS), 2013 IEEE SDN for*. [S.l.], 2013. p. 1–7.
- BEALE, R. et al. Promoting global research excellence in severe sepsis (progress): lessons from an international sepsis registry. *Infection*, Springer, v. 37, n. 3, p. 222–232, 2009.
- BERLIN, A.; SORANI, M.; SIM, I. A taxonomic description of computer-based clinical decision support systems. *Journal of biomedical informatics*, Elsevier, v. 39, n. 6, p. 656–667, 2006.
- BERNER, E. S. *Clinical decision support systems: theory and practice*. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2007.
- BLOIS, M. S.; SHORTLIFFE, E. H. The computer meets medicine: emergence of a discipline. In: ADDISON-WESLEY LONGMAN PUBLISHING CO., INC. *Medical informatics: computer applications in health care*. [S.l.], 1990. p. 3–36.
- BRASIL, A. M. F. E.; MEDEIROS, C. R. G.; SALDANHA, O. M. d. F. L. Estratégia Saúde da Família: análise dos registros em prontuários. *Caderno Pedagógico*, v. 12, n. 1, p. 265–276, 2015.

DELLINGER, R. P. et al. Surviving sepsis campaign guidelines for management of severe sepsis and septic shock. *Intensive care medicine*, Springer, v. 30, n. 4, p. 536–555, 2004.

DMS. Dia mundial da sepse. <http://www.diamundialdasepse.com.br/>, 2015. <<http://www.diamundialdasepse.com.br/>>. Acessado em 03/08/2016.

DYRBYE, L. N.; SHANAFELT, T. D. Physician burnout: a potential threat to successful health care reform. *Jama*, American Medical Association, v. 305, n. 19, p. 2009–2010, 2011.

EGILMEZ, H. E. et al. Openqos: An openflow controller design for multimedia delivery with end-to-end quality of service over software-defined networks. In: IEEE. *Signal & Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA ASC), 2012 Asia-Pacific*. [S.l.], 2012. p. 1–8.

ESNET. iperf. 2016. <<http://dast.nlanr.net/Projects/Iperf/>>.

FERNANDES, E. L.; ROTHENBERG, C. E. OpenFlow 1.3 Software Switch. *Anais do 32º Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos – SBRC*, p. 1021–1028, 2014.

FLOODLIGHT. Floodlight. 09 2016. <<https://floodlight.atlassian.net/wiki/>>.

FOLKS. Modelo de Adoção do Prontuário Eletrônico do Paciente (PEP) Electronic Medical Record Adoption Model (EMRAM). p. 1–4, 2016.

FUNDATION, O. N. Software-defined networking: The new norm for networks. *ONF White Paper*, 2012.

GARG, A. X. et al. Effects of computerized clinical decision support systems on practitioner performance and patient outcomes: a systematic review. *Jama*, American Medical Association, v. 293, n. 10, p. 1223–1238, 2005.

GSA. World sepsis day. 2015. <<http://www.world-sepsis-day.org/>>. Acessado em 15/11/2015.

HIMSSANALYTICS. himssanalytics. <http://www.himssanalytics.org/>, 2016. <<http://www.himssanalytics.org/>>. Acessado em 10/08/2016.

- ILAS. Algoritmo dos indicadores de Sepsis. 2004.
<<http://www.ilas.org.br/index.php>>. Acessado em 15/11/2015.
- ILAS. Campanha de sobrevivência à Sepsis. 2004.
<<http://www.ilasonlinems.org.br/ilasonlinems/Pages/Home.aspx>>. Acessado em 15/07/2016.
- ISHIMORI, A. et al. Control of multiple packet schedulers for improving qos on openflow/sdn networking. In: IEEE. *2013 Second European Workshop on Software Defined Networks*. [S.l.], 2013. p. 81–86.
- JÚNIOR, J. et al. Sepsis Brasil: estudo epidemiológico da sepsis em unidades de terapia intensiva brasileiras. *Rev Bras Ter Intensiva*, SciELO Brasil, v. 18, n. 1, p. 9–17, 2006.
- KHAN, P.; DIVATIA, J. Severe sepsis bundles. *Indian journal of critical care medicine: peer-reviewed, official publication of Indian Society of Critical Care Medicine*, Medknow Publications, v. 14, n. 1, p. 8, 2010.
- KISSOON, N. et al. World federation of pediatric intensive care and critical care societies: global sepsis initiative. *Pediatric Critical Care Medicine*, LWW, v. 12, n. 5, p. 494–503, 2011.
- KUMAR, S.; PRASAD, R. Importance of expert system shell in development of expert system. *International Journal of Innovative Research and Development*, v. 4, n. 3, 2015.
- LAGU, T. et al. Hospitalizations, costs, and outcomes of severe sepsis in the united states 2003 to 2007. *Critical care medicine*, LWW, v. 40, n. 3, p. 754–761, 2012.
- LEVY, M. M. et al. 2001 sccm/esicm/accp/ats/sis international sepsis definitions conference. *Intensive care medicine*, Springer, v. 29, n. 4, p. 530–538, 2003.
- LOTUFO, F. A. H. Sepsis Grave de Origem Urinária na Gestação. p. 1–13, 2012.
- MCCAULEY, M. About pox. 09 2016.
<<http://www.noxrepo.org/pox/about-pox/>>. Acessado em 07/09/2016.

MCCLELLAND, H.; MOXON, A. Early identification and treatment of sepsis. *Nursing times*, v. 110, n. 4, p. 14–17, 2014. ISSN 0954-7762. <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24592630>>.

MCKEOWN, N. et al. Openflow: enabling innovation in campus networks. *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, ACM, v. 38, n. 2, p. 69–74, 2008.

MININET. Mininet. 2016. <<http://mininet.org/>>.

MUSEN, M. A.; MIDDLETON, B.; GREENES, R. A. Clinical decision-support systems. In: *Biomedical informatics*. [S.l.]: Springer, 2014. p. 643–674.

NAZÁRIO, D. C. et al. An enhanced quality of context evaluating approach in the e-health sensor platform. p. 1–7, 2015.

ONGARO, F. Enhancing quality of service in software-defined networks. *ALMA MATER STUDIORUM-UNIVERSITY OF BOLOGNA*, 2014.

ONGARO, F. Enhancing quality of service in software-defined networks. *ALMA MATER STUDIORUM-UNIVERSITY OF BOLOGNA*, 2014.

OPENVSWITCH. openswitch. 2016. <<http://openswitch.org/>>.

RHODES, A. et al. The surviving sepsis campaign bundles and outcome: Results from the international multicentre prevalence study on sepsis (the impress study). *Intensive care medicine*, Springer, v. 41, n. 9, p. 1620–1628, 2015.

RODRÍGUEZ, F. L. Arquitetura e protótipo de uma rede sdn-openflow para provedor de serviço. 2014.

SBIS. Sociedade brasileira de informatica em saude. 2004. <<http://www.sbis.org.br/infosauade.htm>>. Acessado em 15/11/2015.

SEDDIKI, M. S. et al. Flowqos: Qos for the rest of us. In: *ACM. Proceedings of the third workshop on Hot topics in software defined networking*. [S.l.], 2014. p. 207–208.

SEIXAS, F. L.; CONCI, A.; SAADE, D. C. M. Sistema de apoio à decisão aplicado ao diagnóstico de demência, doença de alzheimer e transtorno cognitivo leve. *Jornal Brasileiro de TeleSaúde*, v. 2, n. 4, p. 143–144, 2013.

- SEZER, S. et al. Are we ready for sdn? implementation challenges for software-defined networks. *IEEE Communications Magazine*, IEEE, v. 51, n. 7, p. 36–43, 2013.
- SHANAFELT, T. D. et al. Burnout and self-reported patient care in an internal medicine residency program. *Annals of internal medicine*, Am Coll Physicians, v. 136, n. 5, p. 358–367, 2002.
- SHIN, M.-K.; NAM, K.-H.; KIM, H.-J. Software-defined networking (sdn): A reference architecture and open apis. In: IEEE. *2012 International Conference on ICT Convergence (ICTC)*. [S.l.], 2012. p. 360–361.
- SILVA, G. A. R. D. O processo de tomada de decisão na prática clínica: a medicina como estado da arte. *Revista Brasileira de Clínica Médica*, v. 11, n. 1, p. 75–79, 2013.
- SILVA, M. P. et al. A Managing QoE Approach for Provisioning User Experience Aware Services Using SDN. ., p. 51–58, 2015.
- SILVA, W. O. da. Objeto Distribuído Aplicado na Área de Saúde : Um projeto em Telemedicina. *I SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS INTEGRADAS DA UNAERP CAMPUS GUARUJÁ*, 2003.
- SIMON, R.; FINFER, M. Severe Sepsis and Septic Shock. *New England Journal of Medicine*, v. 369, n. 21, p. 2069–2069, 2013. ISSN 0028-4793. <<http://www.nejm.org/doi/abs/10.1056/NEJMc130051>>.
- SIQUEIRA-BATISTA, R. et al. Sepsis: an update. *Rev Bras Ter Intensiva*, v. 23, n. 2, p. 207–216, 2011.
- SKORIN-KAPOV, L.; MATIJASEVIC, M. Analysis of qos requirements for e-health services and mapping to evolved packet system qos classes. *International Journal of Telemedicine and Applications*, 2010. ISSN 16876415.
- SPALLA, E. S. et al. Estratégias para resiliência em sdn: Uma abordagem centrada em multi-controladores ativamente replicados. 2015.
- VINCENT, J.-L. et al. Assessment of the worldwide burden of critical illness: the intensive care over nations (icon) audit. *The lancet Respiratory medicine*, Elsevier, v. 2, n. 5, p. 380–386, 2014.

WALLNER, R.; CANNISTRA, R. An sdn approach: quality of service using big switch's floodlight open-source controller. *Proceedings of the Asia-Pacific Advanced Network*, v. 35, p. 14–19, 2013.

WANG, D.; SHORTLIFFE, E. H. Glee—a model-driven execution system for computer-based implementation of clinical practice guidelines. In: AMERICAN MEDICAL INFORMATICS ASSOCIATION. *Proceedings of the AMIA Symposium*. [S.l.], 2002. p. 855.

WRIGHT, A. et al. Development and evaluation of a comprehensive clinical decision support taxonomy: comparison of front-end tools in commercial and internally developed electronic health record systems. *Journal of the American Medical Informatics Association*, The Oxford University Press, v. 18, n. 3, p. 232–242, 2011.

XAVIER, R. M.; DORA, J. M.; BARROS, E. *Laboratório na Prática Clínica-: Consulta Rápida*. [S.l.]: Artmed Editora, 2016.

ANEXO A – Trabalhos completos publicados em anais de congressos

1.A Software-Defined Network Configuration Providing Differentiated QoS to an eHealth Environment

- Autores: Assuiti, M., Volpato, F., da Silva, M. P., and Dantas, M. A. R.
- Evento: PDPTA 2016, Proceedings of the International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications
- Local: Las Vegas, Estados Unidos.
- Data: Julho de 2016
- Estrato Qualis/CAPES: B2
- Descrição: Proposta de uma abordagem baseada em SDN que possibilita de maneira simples e aderente garantir o QoS exigido por uma aplicação com a urgência da Sepse.

**ANEXO B – Material auxiliar ao protocolo de Sepsis em
diversos hospitais**

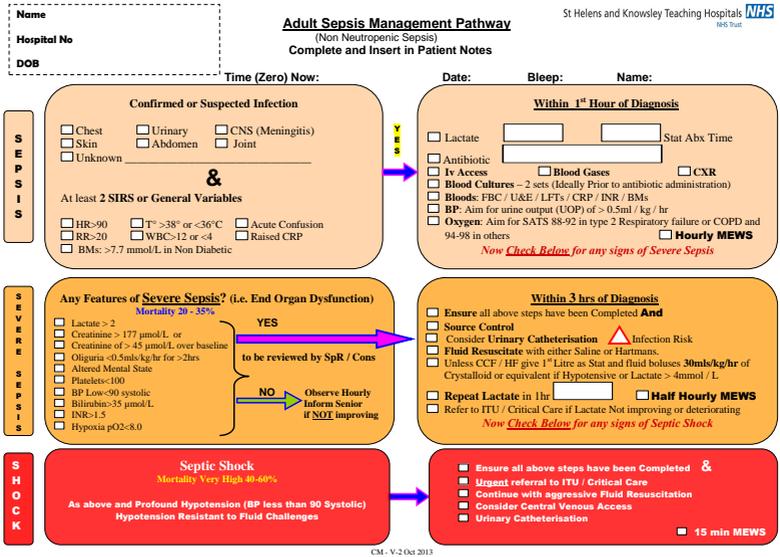


Figure 19 – St Helens Adult Sepsis Management Pathway

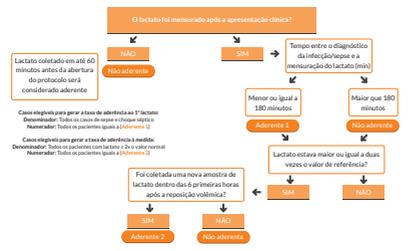
MATERNAL ASSESSMENT OF SEPSIS 12/02/13 v11



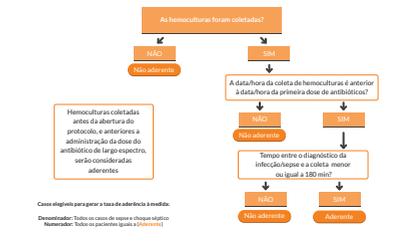
Complete Screening when entering the facility (thru ED, triage or admitted), once per shift and upon transitioning into different phases of birthing process (ante, intra postpartum), within 2 hours of DISCHARGE, and with any worsening in condition.		Date Time							
		Initials							
SECTION I & II: SUSPECTED OR CONFIRMED INFECTION AND GENERAL VARIABLES									
Is there suspected or confirmed infection? →		<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> Yes	
Possible sources of infection could include but NOT limited to: Chorioamnionitis, Endomyometritis/Endometritis, Peri-Incisional infections, Ruptured Membranes, Labor, Hemorrhage, Pneumonia, UTI/Pyelo, Acute abdomen, Empyema, Bloodstream /Catheter Infection, Meningitis, and Skin Infection.		<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No	
ANSWER ABOVE AND IMMEDIATELY CONTINUE TO GENERAL VARIABLES ↓									
General Variables: Two (2) or more positive general variables plus (+) infection = Sepsis			Check all that apply in the table below ↓						
1. Temperature	Greater than or equal to 38 C/100.4 F OR Less than or equal to 36 C/96.9 F	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2. Fetal Heart Rate	Greater than 160 bpm (*baseline, gestational age greater than or equal to 20 weeks)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3. Maternal Heart Rate >110 *exclude during pushing	Greater than 110 bpm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4. Respiratory Rate	Greater than 24/min	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5. WBC Count	Greater than 15,000 or less than 4,000 or greater than 10% Bands (without ↑ WBC)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6. Altered Mental Status – (confusion, agitation, combativeness)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7. Hyperglycemia – (Blood glucose greater than 140mg/dL in the absence of DM)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Section II: Are any two (2) of the above present? If YES to section I & II proceed to Section III. Contact provider & consider drawing lactic acid and creatinine. If “NO” to Sections I and II - STOP HERE! 🙅		<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> Yes	
		<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No		
SECTION III: SIGNS OF ACUTE END ORGAN DYSFUNCTION: SEPSIS + AT LEAST (1) ACUTE END ORGAN DYSFUNCTION = SEVERE SEPSIS									
Check all below that may apply (ACUTE CHANGE ONLY): Is at least ONE (1) of the following present?									
<input type="checkbox"/> Decreased Cap refill/mottling skin	<input type="checkbox"/> INR greater than 1.5 or PTT greater than 60 without medications	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> Yes	
<input type="checkbox"/> Lactic acid above normal values	<input type="checkbox"/> Systolic Blood Pressure decrease greater than 40 mmHg from baseline	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No	
<input type="checkbox"/> Bilirubin greater than 2mg/dL	<input type="checkbox"/> MAP less than or equal 65 mmHg	Initials	Initials	Initials	Initials	Initials	Initials	Initials	
<input type="checkbox"/> Urinary output less than 0.5ml/kg/hr for 2 hours or creatinine increase by greater than 0.5mg/dL or Serum creatinine greater than 1.5mg/dL	<input type="checkbox"/> Acute Lung Injury with PaO2/FiO2 ratio less than 250 (RT can calculate)								
<input type="checkbox"/> Increased O2 to maintain sats >92%	<input type="checkbox"/> Platelet count less than 100,000								
RESUSCITATION BUNDLE RECOMMENDATIONS/GUIDELINES (First 3 hours of treatment)									
<p>♦NOTIFY RAPID RESPONSE TEAM AND PHYSICIAN</p> <p>•Lactic Acid level within 3 hours of identification, •Blood Cultures drawn PRIOR to antibiotics</p> <p>• Start Antibiotics within 1 hour from floor (inpatient) or 3 hours from the time the patient presents to your facility (ED, OB)</p> <p>• Start Crystalloids 30ml/kg over 30 minutes for SBP less than 90/ MAP less than or equal to 65 or Lactate greater than or equal to 4</p> <p>**Transfer to higher level of care to continue resuscitation efforts and initiate hemodynamic monitoring</p>									
Signature: _____ Initials: ____		Signature: _____ Initials: ____		Signature: _____ Initials: ____		Signature: _____ Initials: ____		Signature: _____ Initials: ____	
Signature: _____ Initials: ____		Signature: _____ Initials: ____		Signature: _____ Initials: ____		Signature: _____ Initials: ____		Signature: _____ Initials: ____	

Figura 23 – Perinatal Assessment of Sepsis

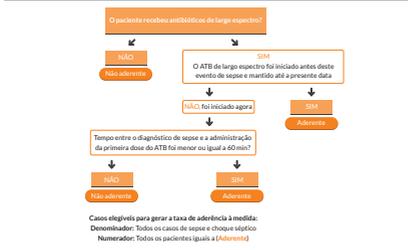
Aderência à mensuração de lactato



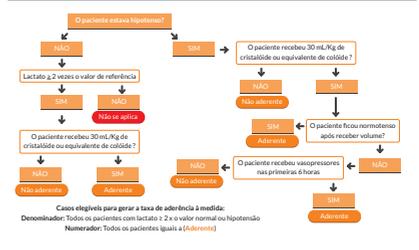
Aderência à coleta de hemoculturas



Aderência à administração de antibióticos



Aderência à administração de volume / vasopressor



Aderência à reavaliação do status volêmico e da perfusão

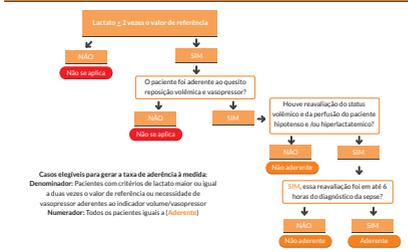


Figura 24 – Algoritmo sugerido pelo ILAS