

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANA
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E
COMUNICAÇÃO

IVAN CARLOS DE ARAUJO ZAMBAN

**IMPLANTAÇÃO DE UMA REDE CONVERGENTE PARA SUPORTAR
DADOS, VOZ, ÁUDIO E VÍDEO EM UMA ARENA PADRÃO FIFA.**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2013

IVAN CARLOS DE ARAUJO ZAMBAN

**IMPLANTAÇÃO DE UMA REDE CONVERGENTE PARA SUPORTAR
DADOS, VOZ, ÁUDIO E VÍDEO EM UMA ARENA PADRÃO FIFA.**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de especialista em Gestão da Tecnologia e Comunicação, do Departamento Acadêmico de Eletrônica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Christian Carlos Souza Mendes, Msc

CURITIBA

2013



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia

**IMPLANTAÇÃO DE UMA REDE CONVERGENTE PARA SUPORTAR DADOS,
VOZ, AUDIO E VIDEO EM UMA ARENA PADRAO FIFA**

por

Ivan Carlos de Araújo Zamban

Esta monografia foi apresentada às 19h00, do dia 26 de agosto de 2013, como requisito parcial para a obtenção do título de **ESPECIALISTA EM GESTÃO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO**, do Programa de Pós-Graduação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após a deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho **APROVADO**.

Prof. Dr. Augusto Foronda
(UTFPR)

Prof. Msc. Christian Carlos Souza Mendes
(UTFPR)
Orientador

Prof. Msc. Alexandre Jorge Miziera
Coordenador do Curso

OBS: O DOCUMENTO ORIGINAL COM AS DEVIDAS ASSINATURAS ENCONTRA-SE NA DERAC

RESUMO

ZAMBAN, Ivan. **Implantação de uma rede convergente para suportar dados, voz, áudio e vídeo em uma arena padrão FIFA**. 2013. Monografia (Especialização em Gestão da Tecnologia da Informação e Comunicação) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

Curitiba foi escolhida como uma das cidades-sede para a Copa do Mundo FIFA de 2014 e para isso foi iniciado o processo de reforma de um estádio para se tornar uma Arena Multiuso. Um dos pontos essenciais nesse processo é a criação e implantação de um Projeto de Redes Convergentes para suportar tanto dados como qualquer outra informação multimídia, integrando a rede local com as Operadores de Telecomunicação utilizando técnicas de convergência em redes IP. Esse caso de estudo está baseado desde a criação dos projetos de tecnologias seguindo orientações da FIFA e demais parceiros até o início da implantação do projeto de Redes Convergentes. Espera-se com isso servir de base de conhecimento para implantação de projetos semelhantes e mostrar os principais pontos técnicos a ser considerado bem como demonstrar a maioria dos fatores críticos de sucesso da implantação.

Palavras-chave: Redes Convergentes; Arena padrão FIFA; Copa do Mundo de 2014.

ABSTRACT

ZAMBAN, Ivan. **Creating a converged network to support data, voice, sound and video in a standard arena FIFA 2013**. Essay (Certificate in Information Tecnologic Manager) – Post-Graduate Programs in Technology, Federal Technological University of Paraná. Curitiba, 2013.

Curitiba was chosen as one of the host cities for the FIFA World Cup 2014 and began the process to reform a stadium to become a Multipurpose Arena. One of the key points in this process is the creation and execution of a Project of Converged Network – NGN - to support both data and any other multimedia data, composing the local network with the Telecom Operators using convergence techniques in IP networks. This case study is based on since the creation of technology projects following FIFA guidelines and other partners to start a implementation Converged Network project. It is expected that this serve as a knowledge base for creation of similar projects and show the main technical points to be considered as well as demonstrating the most critical factors for a successful implementation.

Keywords: NGN - Converged Networks; FIFA's Arena; World Cup 2014.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo TCP/IP vs. Modelo OSI.....	13
Figura 2 – Evolução da Padronização Ethernet.....	15
Figura 3 – Cidades-Sede e Estádios escolhidos para Copa do Mundo de 2014.....	19
Figura 4 – Exemplo de serviços disponíveis em Estádios Inteligentes	23
Figura 5 – Exemplo de Arquitetura de TI em Estádios Inteligentes	24
Figura 6 – Exemplo de topologia de redes	31
Figura 7 – Topologia de rede em três camadas	32
Figura 8 – Topologia de rede em duas camadas.....	34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	8
1.2 JUSTIFICATIVA	9
1.3 PROBLEMA.....	9
1.4 OBJETIVOS	10
1.4.1 Objetivo Geral	10
1.4.2 Objetivos Específicos	11
2 CONCEITOS GERAIS.....	12
2.1 REVISÃO DA LITERATURA.....	12
2.1.1 TCP/IP:	12
2.1.2 Ethernet:	13
2.1.3 Redes Móveis:	16
3 METODOLOGIA.....	18
4 A ARENA MULTIUSO E O CONTEXTO TECNOLÓGICO DA COPA DO MUNDO DE 2014.....	19
5 ESTUDOS E ANÁLISE DO PROJETO DE REDES CONVERGENTES.....	22
5.1 REQUISITOS	22
5.2 ABRANGÊNCIA DO PROJETO DE REDES CONVERGENTES.....	24
5.2.1 Redes sem fio:	25
5.2.2 Redes LAN de Armazenamento:	25
5.2.3 Sistema de Ingressos:	25
5.2.4 Sistema de Controle de Acesso para Dependências Internas:	26
5.2.5 CFTV:.....	26
5.2.6 Sistema de Detecção de Incêndio e Alarme:	26
5.2.7 Sistema de Automação Predial – BMS:	26
5.2.8 Sistema de Telefonia Corporativa:	27
5.2.9 Sistema de Sonorização:	27
5.2.10 Sistema de Sinalização Digital Multimídia:	27
5.2.11 Placares e Telões de LED:.....	28
5.2.12 VoIP:.....	28
5.2.13 Redundância:	28

5.3 DEFINIÇÃO DA ARQUITETURA DE REDES A SER ADOTADA	29
5.3.1 Recomendação de Rede proposto pela FIFA:	29
5.3.2 Escolha do modelo de topologia a ser adotada:.....	31
5.4 DEFINIÇÃO DO TIPO DE CABEAMENTO A SER ADOTADO	34
5.5 ESCOLHA DOS FORNECEDORES DE TECNOLOGIAS	36
5.6 PONTOS CRÍTICOS PARA O SUCESSO DA IMPLANTAÇÃO.....	37
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

No ano de 2007 o Brasil se candidatou a país-sede da Copa do Mundo FIFA de 2014 e foi escolhido para sediar o maior evento esportivo do Mundo. Após foram escolhidas as 12 cidades-sede para a realização dos jogos, dentre as quais destacamos Curitiba, foco desse estudo de tecnologias em redes convergentes, visando suportar dados, multimídia (voz e vídeo), som, automação e segurança em uma Arena multiuso e inteligente.

Segundo informações da HBS (www.hbs.tv), empresa contratada pela FIFA para captação, geração e *broadcasting* oficial do evento, mais da metade da população mundial irá assistir aos jogos, sejam por televisores analógicos, digitais, em alta definição ou de aparelhos móveis, como celulares e *tablets*.

Nas Copas do Mundo de 2006 na Alemanha e em 2010 na África do Sul, as redes convergentes já ocupavam papel de destaque da transmissão de dados. No Brasil em 2014 teremos como maior inovação o uso massivo de tecnologias móveis. Segundo PRADO (2013):

“A Copa do Mundo de 2014 será caracterizada pelo compartilhamento e disseminação da informação através da tecnologia móvel que irá transformar nossa sociedade em uma rede global móvel. Este evento deverá levar vantagem plena de todas as oportunidades oferecidas pela Revolução Digital, Tecnologia de Informação e novas Mídias. Neste evento, de forma mais forte do que aconteceu na Alemanha em 2006, o conteúdo deverá ser disseminado em todas as mídias possíveis.”

Além dos bilhões de expectadores espalhados pelo Mundo, é necessário prover uma infraestrutura de tecnologia que concentre os demais serviços inerentes ao estádio, como controle de acesso, automação elétrica, sonorização, vídeo, placares, segurança, controle de incêndio, câmeras de monitoramento, ingressos e pontos de venda. Tudo isso visando garantir o conforto e segurança dos torcedores, bem como estar em acordo com o meio-ambiente *“incorporando técnicas e princípios de construções sustentáveis e obtendo pelo menos a certificação LEED, desenvolvido pela Green Building Council, Estados Unidos, envolvendo uma avaliação independente por terceiros do desempenho ambiental do empreendimento”* - FIFA (2012).

Nesse contexto, as Redes Convergentes surgem com muita força, pois são capazes de concentrar todas as demandas de tecnologia na mesma solução e vão ao encontro das novas necessidades de “TI Verde”, uma vez que uma mesma infraestrutura e equipamentos de conexão conseguem suportar toda a solução, economizando energia elétrica, ar-condicionado e cabeamento, reduzindo custos e auxiliando a obtenção de certificação LEED.

1.2 JUSTIFICATIVA

Com essa monografia pretendemos demonstrar a criação de um Projeto de Redes Convergentes seguindo especificações internacionais da FIFA para integrar diversos tipos de sistemas e necessidades, utilizando as melhores práticas de mercado. Servirá como legado para estudos em outras áreas que necessitem integrar diversos tipos de comunicação utilizando uma mesma infraestrutura de rede.

1.3 PROBLEMA

Em decorrência da utilização do estádio para sediar jogos da Copa do Mundo de 2014, foi necessário modernizar a tecnologia para atender todos os requisitos mínimos exigidos pela FIFA, chamado de “modo evento” e pela administração da Arena, chamado de “modo legado”.

Dessa forma, foram identificados quatro subprojetos principais de tecnologia:

1. Cabeamento e infraestrutura;
2. Automação e Segurança;
3. Áudio e Vídeo;
4. Detecção e alarmes de incêndio.

O Subprojeto de Cabeamento refere-se a todos os cabeamentos estruturados, sejam em par metálico ou fibra óptica, necessários para interconectar todos os demais sistemas, preferencialmente em Categoria 6 ou 6A, de acordo com o caderno de requerimentos técnicos (COL, pag. 27).

O Subprojeto de Automação e Segurança é composto por outros subprojetos, abaixo citado:

1. Automação: controle automatizado centralizado na Sala de Controle de todos os circuitos elétricos, iluminação, elevadores, etc. Deriva do conceito de BMS: *Buildings Management System*.
2. Segurança: controle de todos os pontos de circulação de pessoas através de câmeras de segurança com resolução mínima de 1,3 Mpixel. Sendo que nas áreas de maior circulação é necessário câmeras de alta definição que atendam a especificação de 163 pixels/metro linear. Também está nesse subprojeto sistemas de orientação de público durante sinistros e desastres (*Panic mode*).
3. Controle de acesso: controle de acesso de salas técnicas e controle de acesso de público, possuindo um caderno próprio de requerimentos (FIFA, World Cup Brazil Stadium Access Control System).

O subprojeto de Áudio e Vídeo contempla toda a sonorização do estádio, bem como todos os placares, telões, *video boards*, compondo um sistema completo de displays, chamado de *Digital Signage*.

Por fim o subprojeto de Detecção e Alarmes de incêndio compõe todo o sistema digital de detecção de pontos focais de incêndio, bem como alarmes e automações de saídas de segurança.

Todos os subprojetos de tecnologia devem trafegar em rede TCP/IP, preferencialmente utilizando a mesma infraestrutura de cabeamento e equipamentos de rede.

Com esse cenário exposto temos um grande problema a ser resolvido: A interligação de todos esses sistemas de maneira convergente, com alta disponibilidade, tolerância a falhas e com performance suficiente para trafegar massivo número de dados, segmentando os acessos para que um sistema não interfira no funcionamento dos outros.

Isso posto, nos leva ao quinto subprojeto de tecnologia: Interligações e Ativos de Rede, responsável por interligar todos os demais sistemas com os requisitos acima citados. Esse subprojeto será o alvo desse caso de estudo.

1.4 OBJETIVOS

A seguir, serão apresentados os objetivos geral e específicos, que se pretendem atingir com esse estudo de caso.

1.4.1 Objetivo Geral

Realizar um estudo do projeto de redes convergentes em um estádio de futebol padrão FIFA, desde o desenvolvimento do projeto básico, incluindo os requisitos de todas as empresas envolvidas, passando pela implantação e acompanhamento do projeto executivo e terminando na operação da solução, caso concluído a tempo de entrega desse caso de estudo.

1.4.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos que se espera obter com esse estudo são:

- Informar os requisitos técnicos para a criação de um Projeto de Redes Convergentes;
- Demonstrar a criação de um Projeto de Redes Convergentes seguindo os requisitos técnicos informados;
- Demonstrar as principais discussões, sob o ponto de vista técnico, na definição dos modelos de topologia de rede e tecnologias a serem adotadas, bem como os motivos das escolhas feitas;
- Descrever os principais fatores críticos de sucesso na implantação do Projeto de Redes Convergentes observados.

2 CONCEITOS GERAIS

As Redes Convergentes, também chamadas de Redes de Próxima Geração ou NGN (*Next Generation Network*) vem sendo alvo de estudo há alguns anos e podemos dizer que já deixaram de ser uma novidade para estar presente na nossa vida. As operadoras já fazem seus investimentos direcionando seus equipamentos e tecnologias para atender as redes NGN e a convergência de dados, vídeo, som, voz em uma rede única já é uma realidade no mercado de telecomunicações, nas empresas e em nossas casas.

Mas para que a convergência de redes pudesse chegar ao status atual, foi necessário um longo caminho que se iniciou com a criação do padrão TCP/IP no final da década de 1960, passando pela criação do padrão Ethernet nos anos de 1970 e sua constante evolução até o padrão 10Gbps atuais, sem esquecer da popularização dos computadores, telefonia fixa e móvel, internet e provedores nas últimas três décadas.

2.1 REVISÃO DA LITERATURA

2.1.1 TCP/IP:

O protocolo TCP/IP começou ser desenvolvido no final dos anos de 1960 por agências governamentais americanas. No início dos anos de 1970, durante pesquisas para desenvolvimento da ARPANet – uma rede experimental do Departamento de Defesa Americano – o TCP/IP foi aprimorado e utilizado para ser o protocolo de interconexão das redes que compunham a ARPANet, interligando agências do governo americano como o Departamento de Defesa, NASA, Departamento de Energia, entre outros.

Os estudos feitos durante o desenvolvimento da ARPANet serviram como base para criação da Internet nos moldes que conhecemos hoje, com interligação entre diversas redes independentemente dos tipos de equipamentos que cada rede possui, através de um protocolo de comunicação padrão adotado por todos os fabricantes de tecnologia, seja de sistemas ou equipamentos, como computadores, telefones, *tablets* e tudo mais que utilizar conexão de redes.

Basicamente o modelo do protocolo TCP/IP utiliza o conceito de pilhas de camadas para interconexão. Cada pilha tem uma funcionalidade específica, desde a conexão física,

passando pelo endereçamento, transporte até a camada de aplicação, onde trafegará a aplicação conhecida do usuário, como navegação, transferência de arquivo, etc.

O modelo de camadas do TCP/IP tem muitas semelhanças ao modelo OSI criado pela "*International Organization for Standardization*" (ISO), lançado no final da década de 1980 para servir como modelo de protocolo de comunicação. Abaixo uma comparação dos dois modelos:

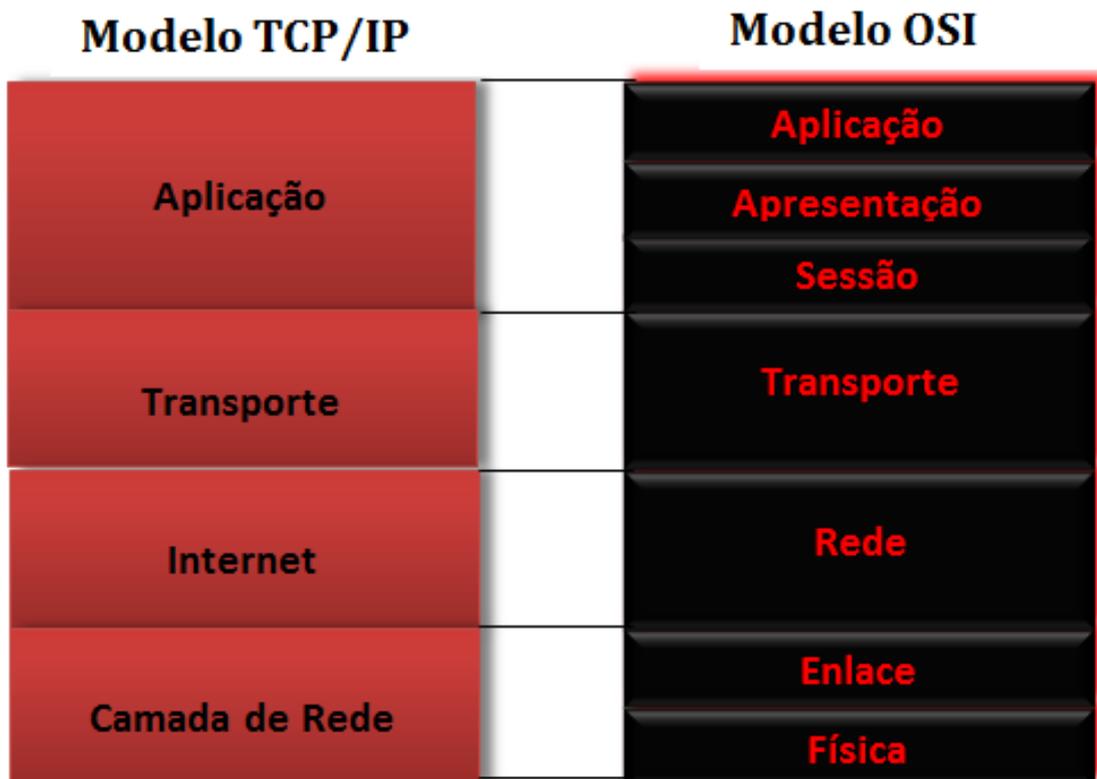


Figura 1 – Modelo TCP/IP vs. Modelo OSI
Fonte: Autoria própria

Os protocolos TCP (para transporte) e IP (para endereçamento) foram os grandes responsáveis por permitir a interconexões de redes e Internet e, por consequência, fundamental para que pudéssemos interligar diferentes tipos de serviços em uma única rede. A convergência de redes deve muito ao protocolo TCP/IP e ao padrão Ethernet, apresentado ao seguir.

2.1.2 Ethernet:

O padrão Ethernet foi desenvolvido pela empresa Xerox no início dos anos de 1970 pelo pesquisador Robert Metcalfe, a fim de possibilitar a interconexão de computadores em

uma rede local. Durante a década de 1970 esse padrão foi evoluindo até Metcalfe deixar a Xerox e participar da criação da empresa 3Com. A 3Com foi uma das maiores empresas fabricante de produtos de infraestrutura, começando sua atuação justamente na fabricação placas de rede Ethernet. Seu auge aconteceu nas décadas de 1980 e 1990 desenvolvendo switches, roteadores, gateways/modems de Internet e placas de rede para computadores e servidores. Em 2007 a 3Com foi comprada pela empresa HP, criando a linha de produtos de rede HPn.

O padrão Ethernet atua no meio físico de comunicação, com regras de controle de acesso a esse meio e no *frame* Ethernet. Seguindo o modelo de camadas OSI, o protocolo Ethernet está presente nas camadas: física e enlace e seu frame pode ter de 64 a 1518 octetos (bytes).

O protocolo Ethernet e suas várias regras de acesso à rede local possibilitaram um grande avanço nas telecomunicações, permitindo a interconexão de computadores e as empresas possuírem suas redes de dados da forma como conhecemos hoje em dia.

Para MENDES, 2013:

“O baixo custo, a simplicidade de instalação, operação e manutenção das redes Ethernet a tornaram tão popular que 95% do tráfego da Internet é originado em “interfaces Ethernet”. Ao longo de seus 27 anos de existência, a tecnologia Ethernet evoluiu significativamente.”

Outro grande ponto positivo do padrão Ethernet foi a possibilidade de expansão das suas velocidades sem perder suas funcionalidades, progredindo suas regras de acesso, sendo necessário apenas a evolução dos equipamentos, como placas de rede e switches. Para preservar os investimentos, todas as novas velocidades de conexão sempre possibilitam auto-negociação com os padrões anteriores, abaixo segue uma imagem para demonstrar essa evolução:

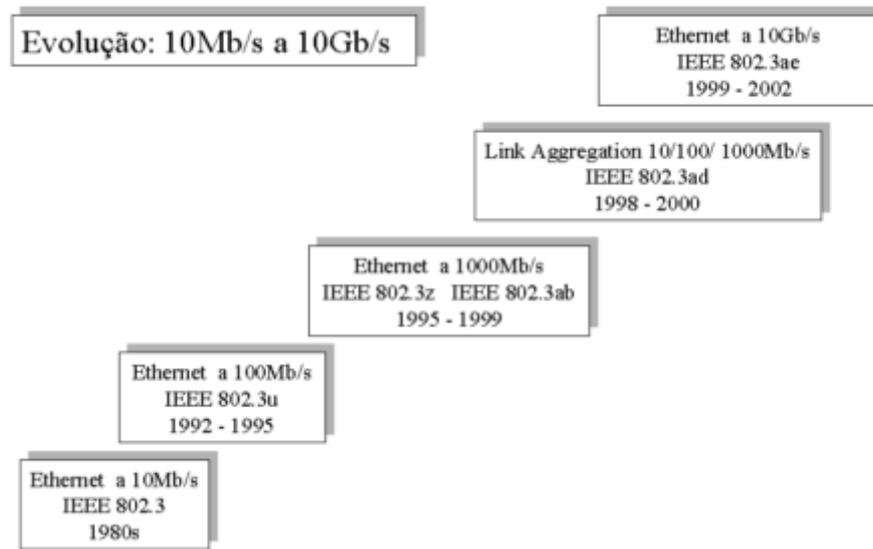


Figura 2 – Evolução da Padronização Ethernet
Fonte: MENDES, 2013

Dessa forma um switch ethernet utilizando conexões em par trançando pode negociar a melhor velocidade com a placa de rede de um computador. Por exemplo, um switch com padrões Ethernet 10BaseT, 100BaseTx e 1000BaseT (10Mbps, 100Mbps e 1000Mbps, respectivamente) pode negociar uma velocidade de 100Mbps com um computador que só tenha placa de rede 100BaseTx, sem a necessidade de troca de equipamentos.

Essas vantagens econômicas fizeram o padrão Ethernet dominar a interconexão de redes locais (LANs) e ao longo da história superar outros protocolos que surgiram, para KUROSE, et al (2010, p343):

“Há muitas razões para o sucesso da Ethernet. Em primeiro lugar, ela foi a primeira LAN de alta velocidade amplamente disseminada. Como foi disponibilizada cedo, os administradores de rede ficaram bastante familiarizados com a Ethernet (...) e relutam em mudar para outras tecnologias. Em segundo lugar, token ring, FDDI e ATM são tecnologias mais complexas e mais caras do que a Ethernet, o que desencoraja ainda mais qualquer mudança de tecnologia de LAN. Em terceiro lugar, a razão mais atraente para mudar para outra tecnologia LAN era normalmente as velocidades mais altas destas tecnologias, contudo, a Ethernet (...) sempre evoluiu, produzindo versões que funcionavam em velocidades iguais, se não superiores às concorrentes. Finalmente, como a Ethernet se tornou muito popular, o hardware para Ethernet (em particular, adaptadores de rede, hubs e switches) se tornou mercadoria comum, de custo muito baixo.”

As altas taxas de transmissão que as redes Ethernet proporcionam nas atuais redes locais, com velocidades de 1Gbps e 10Gbps em conexões metálicas de par trançado e fibra óptica, possibilitam as Redes Convergentes explorarem com alto índice de desempenho a transmissão de dados, voz, som e imagem em tempo real. Graças ao protocolo Ethernet, um estádio multi-evento pode, por exemplo, transportar todas as aplicações que são muito pesadas e críticas, como transmissão de imagens multimídia de câmeras de segurança com reconhecimento facial ou transmissão de jogos em alta definição e em 3D utilizando a mesma rede local junto com outras aplicações como dados e telefonia, sem a necessidade de passagem de outros tipos de cabeamento ou de equipamentos de rede, como switches e roteadores.

2.1.3 Redes Móveis:

As redes NGN conseguiram um alto poder de penetração de mercado se aproveitando de protocolos universais de transmissão, seja Ethernet para tráfego local ou TCP/IP para transmissões locais e pela Internet. Além disso, a popularização dos equipamentos que acessam a rede, como computadores desktop, notebooks, celulares e *tablets* fez com que as operadoras investissem cada vez mais em meios de acesso à Internet mais velozes. Essa combinação de fatores levaram as redes NGN de estudos acadêmicos e de laboratórios empresariais para a aplicação no mercado de telecomunicações em pouco tempo.

Um grande reflexo disso foi a rápida evolução das redes móveis, em menos de 15 anos, no Brasil, saímos da telefonia móvel analógica para a digital. Sendo que dentro da telefonia móvel digital, passamos por diversas fases, desde o CDMA, GSM, onde basicamente só tínhamos serviços de voz e dados básica, como mensagens de texto, até o surgimento do 3G e, mais recentemente, 4G. Nessa fase atual a integração de dados e voz é visceral, sendo quase impossível imaginar equipamentos móveis que não tenham acesso à Internet em velocidades minimamente aceitáveis para tráfego de informações.

As operadoras já direcionam seus investimentos em soluções, equipamentos e sistemas que consigam trabalhar dados e voz simultaneamente, muitas vezes transportando a voz em conexões de dados, uma vez que historicamente equipamentos para interconexão de dados são mais baratos que equipamentos comutadores de voz.

Segundo o “Diagnóstico, cenários e ações para o Setor de Telecomunicações no Brasil - 2014 a 2020”, realizado pelo SindiTeleBrasil: “*A análise do mercado (...) permite evidenciar o ambiente competitivo deste serviço no caso brasileiro: um segmento de telecomunicações com rivais fortemente estabelecidos – com destaque para quatro grandes players: Vivo, Claro, TIM e Oi. Trata-se de um setor extremamente dinâmico, em que variáveis como preço, inovação (trajetória tecnológica extremamente rápida) e qualidade são fatores fundamentais para conquista e manutenção das participações de mercado.*”

Essa competição muito grande entre as principais operadores tendem a fazer com que as tecnologias de transmissões móveis cresçam constantemente, bem como o acordo do Brasil com a FIFA para que os estádios da Copa de 2014 tenham conexões 4G com altas capacidades de transmissão, farão que a qualidade do serviço oferecido melhore. A Copa de 2014 será caracteriza pela mobilidade de dados, sendo que a rede convergente interna do estádio possa se comunicar coma a rede convergente das operadoras de telefonia móvel. Essa convergência de informações possibilitará novas formas do expectador interagir com o espetáculo e também trará novas formas de retornos financeiros às empresas de telecomunicações, patrocinadores, anunciantes, entre outros.

A prova que isso é irreversível está em que todas as operadoras de telefonia móvel fizeram um consórcio para criar nos estádios redes de comunicação 3G, 4G e Wi-fi (para *offloading* de dados) únicas, de forma a reduzir custos e operar com melhor qualidade de sinal e velocidade. Essas redes comuns de comunicação são chamadas de DAS (*Distributed Antenna System*) ou Sistema de Antenas Distribuídas, onde todos os equipamentos comuns das operadoras são compartilhados e concentrados em um Datacenter, como antenas de acesso, gerenciadores e concentradores. Nesse Datacenter, chamado de Hotel BTS, cada operadora tem seus equipamentos próprios, como servidores, links de internet e comutadores, porém utilizam a mesma rede de antenas para conectar com seus clientes.

3 METODOLOGIA

O objetivo dessa monografia é descrever um caso de estudo mostrando como foi desenvolvido e como será implantado o Projeto de Redes Convergentes em uma Arena Multiuso seguindo padronizações e requisitos da FIFA para ser sede de jogos da Copa do Mundo de 2014.

Para esse caso de estudo será demonstrado a evolução das Redes Convergentes ao longo dos anos e como é possível aplicar uma solução que necessite integrar em uma mesma rede o tráfego de dados, voz, sonorização, multimídia e automação, utilizando o que há de mais atual em velocidades de transmissão e tecnologias de integração, bem como descrever sobre os principais pontos a serem levados em consideração na elaboração do projeto, na escolha dos fornecedores e tecnologia e por fim os pontos críticos para o sucesso da implantação.

Os conceitos de Redes Convergentes e suas aplicações podem ser seguidos em outros empreendimentos que possuam características semelhantes as que serão apresentadas, pois os protocolos de comunicação são abertos e padronizados. Além disso, as necessidades de uma Arena Multiuso podem se assemelhar a outros empreendimentos que possuam os mesmos conceitos de sistemas gerenciáveis.

Nesse caso de estudo não serão divulgadas informações dos investidores do empreendimento, bem como os nomes dos fabricantes escolhidos e valores dispendidos com a implantação da solução, visando preservar as informações econômicas e contratuais entre as partes.

4 A ARENA MULTIUSO E O CONTEXTO TECNOLÓGICO DA COPA DO MUNDO DE 2014

O Projeto de TI da Arena Multiuso de Curitiba segue vários requerimentos, orientações e recomendações da FIFA, visando uma padronização dos estádios e arenas que receberão eventos – denominadas “venues”. Esses locais priorizam o conforto dos expectadores, a melhor experiência com o espetáculo e seus patrocinadores, interatividade com os serviços prestados locais, remotos ou pela Internet, conformidade com as leis ambientais e sustentabilidade. Além disso, o projeto de TI deve ser capaz de interligar todos os serviços que serão enviados para diversos locais, países e continentes por diversos meios de comunicação, com tolerância a falhas e sem interrupções durante os eventos, com projetos de missão crítica.

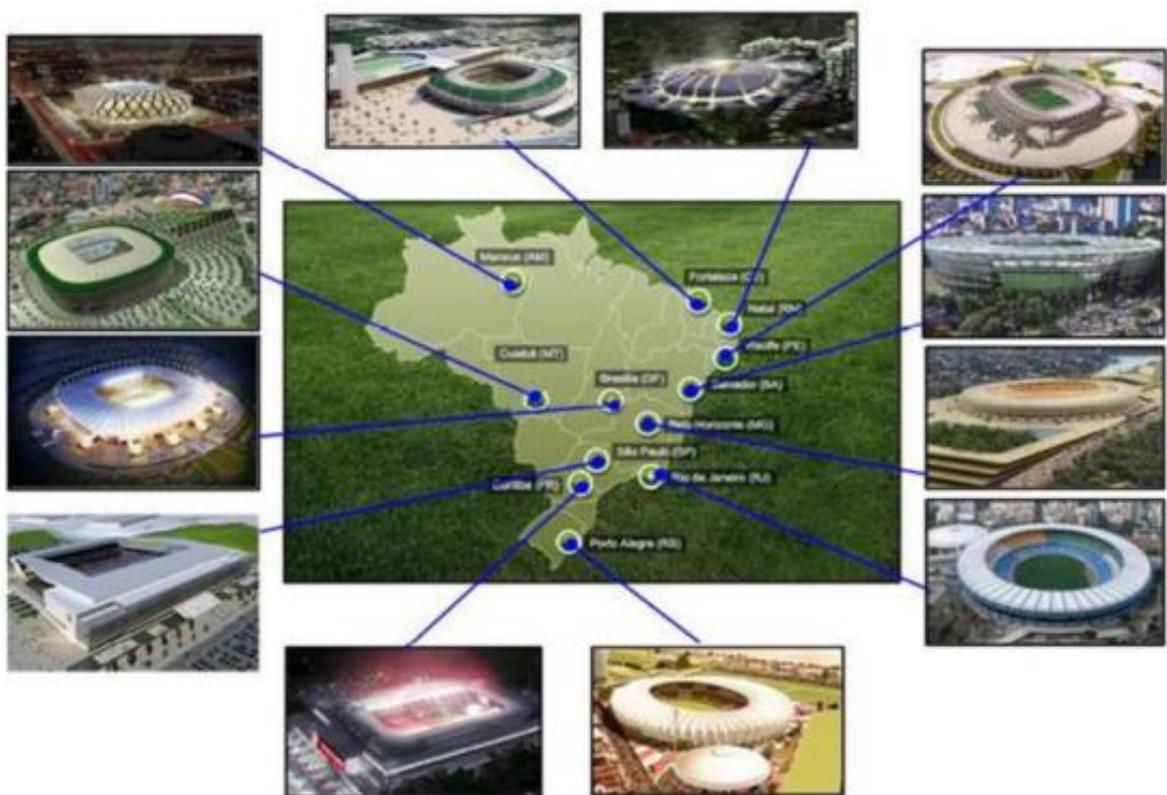


Figura 3 – Cidades-Sede e Estádios escolhidos para Copa do Mundo de 2014
Fonte: FIFA, 2011

Os estádios tradicionais assim como qualquer outra edificação comercial ou industrial, vêm sofrendo grandes transformações nos últimos anos com a intensa utilização de sistemas tecnológicos necessários para a otimização de processos operacionais e maximização de receitas geradas com a exploração comercial destes equipamentos esportivos,

transformando-se em locais de entretenimento. No caso de Curitiba, um complexo de entretenimento multiuso e podendo se adaptar para as necessidades de cada evento.

Mas além do atendimento às recomendações mínimas da FIFA, as “venues” devem considerar os sistemas de tecnologia como um legado para seus expectadores e clientes. A construção e operação de um estádio de futebol demandam altos investimentos e o uso de novas tecnologias é fundamental para a busca da viabilidade econômica destes empreendimentos. Muito mais do que apenas uma plataforma para otimização e redução dos custos de operação do estádio, os sistemas de tecnologia devem ser vistos como geradores de novos negócios e receitas, permitindo outras utilizações além dos eventos esportivos tradicionais e a receita gerada com ingressos e venda de produtos básicos.

Tecnologia exerce um papel estratégico na transformação dos estádios em Arenas Multiuso e a ampliação da experiência de torcedores e clientes, permitindo aos times de futebol e operadores de estádios criarem uma plataforma para oferta de novos serviços, geração de receitas incrementais e melhoria nos processos de negócios, obtendo assim vantagens competitivas e marcas cada vez mais fortes no segmento esportivo.

Tradicionalmente, os estádios possuem plataformas tecnológicas proprietárias, com infraestrutura dedicada por serviço ou aplicação, tais como: controle de acesso, automação predial, câmeras de vigilância, sistemas de sonorização, redes de dados e voz. Embora essa abordagem possa suprir requerimentos isolados de operação do estádio, ela não permite a integração e otimização de recursos e investimentos.

Atualmente, os padrões e protocolos abertos de comunicação (Ethernet e TCP/IP), permitem que todas as aplicações e sistemas de TI, Telecomunicações e Automação da Arena possam operar sobre uma plataforma convergente única e integrada, capaz de suportar todas as necessidades de transporte de dados, voz, som e vídeo, reduzindo a necessidade de implantação de sistemas e cabeamentos dedicados, reduzindo investimentos e custos de operação e manutenção.

Um exemplo que uma rede convergente pode trazer aos expectadores de uma Arena Multiuso são as facilidades de acesso mais rápido e organizado ao estádio, sistemas de pagamentos eletrônicos, integração dos sistemas de comercialização de ingressos com Internet e aplicativos móveis. Conforme se deslocam pela Arena, sistemas de comunicação multimídia podem sinalizar onde estão os bares com menores filas, ou mesmo onde está o banheiro mais próximo, tornando mais fácil e mais rápido para os clientes obterem o que desejam. No conforto de seus assentos, podem aproveitar várias opções de vídeo, incluindo diversos ângulos de câmera e replays instantâneos personalizados. Além disso, será possível fazer

pedidos de mercadorias ou comidas e bebidas, sendo notificados quando estiverem prontos para entrega ou coleta, permitindo que passem mais tempo aproveitando o evento e menos tempo em filas. Eles poderão até mesmo ficar conectados à Internet para uso pessoal ou a trabalho

Isso nos permite demonstrar aos investidores e administradores que ao invés de encarar a tecnologia simplesmente como um centro de custos, a aplicação estratégica de sistemas de tecnologia pode produzir ganhos de receita e benefícios adicionais mensuráveis, incluindo:

- Menor custo total de propriedade do estádio;
- Redução do quadro de funcionários;
- Maior produtividade dos funcionários;
- Operação do estádio centralizada, automatizada e mais eficiente;
- Capacidades de gerenciamento de energia para dar suporte a iniciativas de sustentabilidade ambiental e cumprir parte dos requisitos necessários à certificação *Green Building Council LEED® (Leadership in Energy and Environmental Design - Liderança no Desenho Ambiental e Energético)*;
- Vigilância e segurança abrangentes para uma resposta mais rápida e prevenção proativa de incidentes;
- Melhor atendimento aos clientes do estádio;
- Gerenciamento centralizado de múltiplas localidades e sistemas do estádio, incluindo centros de atendimento ao cliente.

Na sequência apresentaremos como foi confeccionado o Projeto de Tecnologia e Comunicação, suas dificuldades e soluções, procurando atender esse contexto e detalhes do subprojeto de redes convergentes para sustentar e interconectar de forma eficaz todos os sistemas que compõem a tecnologia de uma Arena Multiuso.

5 ESTUDOS E ANÁLISE DO PROJETO DE REDES CONVERGENTES

5.1 REQUISITOS

Para criar o projeto de Redes Convergentes foi necessário inicialmente estudarmos os requisitos técnicos de Estádios para eventos da FIFA. Esses requisitos serviram como ponto de partida para o desenvolvimento de todos os Projetos de TI, assim divididos:

1. Projeto de Cabeamento;
2. Projeto de Automação:
 - a. Automação Elétrica, Hidráulica, Ar Condicionado e Elevadores;
 - b. Controle de Acesso de público;
 - c. Controle de Acesso interno;
 - d. Circuito interno de câmeras de vigilância – CFTV;
 - e. Sonorização de segurança;
3. Projeto de Detecção e Alarmes de Incêndio;
4. Projeto de Áudio e Vídeo:
 - a. Sonorização Geral;
 - b. Sonorização de ambientes;
 - c. Vídeos gerais – *Digital Signage*;
 - d. Placares e Telões;
5. Projeto de Redes:
 - a. Interconexões locais – Rede LAN;
 - b. Telefonia;
 - c. Sistema de distribuição de vídeos;
 - d. Wireless LAN.

Nesse momento temos o primeiro ponto importante que consideramos no Projeto de Redes. Já que é necessário criar uma rede para interconexão de dados que se entende por todo o Estádio, teremos um melhor aproveitamento dos investimentos se essa mesma rede também for utilizada para interconectar todos os demais sistemas citados acima. Dessa forma o Projeto de Redes que atenderia somente dados passa a ser um Projeto de Redes Convergentes integrando também telefonia, sonorização e multimídia.

Essa definição vai ao encontro das recomendações da FIFA para Estádios Inteligentes onde *“todos os serviços de TI são fornecidos como um conjunto integrado, coexistente e interdependente de sistemas organizados em áreas funcionais, cada uma oferecendo um subconjunto de funcionalidades necessárias para a melhor operação do estádio”* (FIFA, 2012). A figura 4 ilustra o conjunto de sistemas componentes de um Estádio Inteligente:



Figura 4 – Exemplo de serviços disponíveis em Estádios Inteligentes
Fonte: FIFA, 2011

Esse conceito de Estádios Inteligentes proposto pela FIFA podemos resumir na integração dos diversos sistemas tecnológicos necessários para implantação e oferta de serviços avançados de acordo com os objetivos de negócios definidos pela Arena. Quanto mais eventos diversos a Arena tiver, caracterizando-se por ser multiuso, mais completos e complexos serão os sistemas tecnológicos e, principalmente, mais integrados.

Um bom exemplo disso podemos verificar na Figura 5, representando os principais sistemas que devemos integrar em uma rede convergente, facilitando a administração, reduzindo o tempo de respostas aos incidentes e possibilitando uma adaptação mais eficaz da Arena aos seus diversos tipos de eventos.

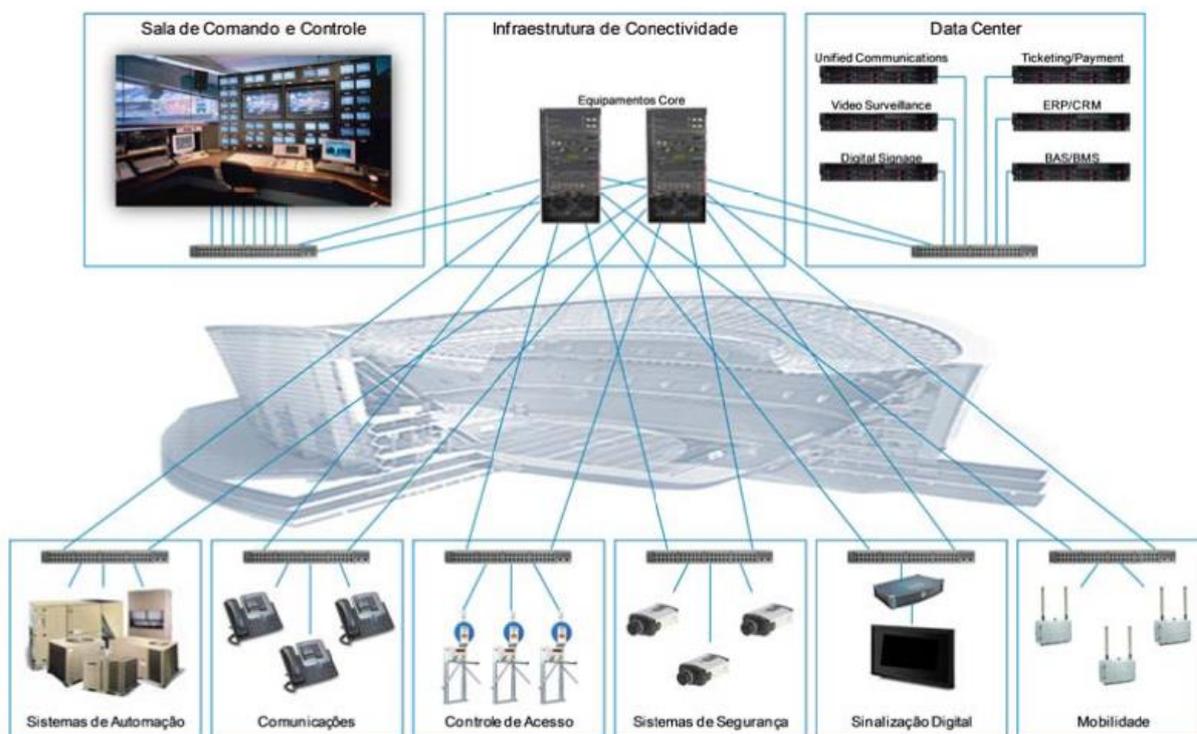


Figura 5 – Exemplo de Arquitetura de TI em Estádios Inteligentes
Fonte: FIFA, 2011

5.2 ABRANGÊNCIA DO PROJETO DE REDES CONVERGENTES

Todas as comunicações devem ser fornecidas por uma única infraestrutura de rede que forneça todos os serviços para todas as localidades dentro do estádio. A arquitetura hierárquica de Rede Convergente deve ser utilizada, garantindo escalabilidade e simplicidade de operação.

Para a FIFA (2012):

“O principal componente da arquitetura tecnológica de em Estádio Inteligente é a rede convergente de comunicação de dados, voz e vídeo, composta pelos switches Ethernet e roteadores IP. O desenho da rede Ethernet deve considerar uma arquitetura de rede hierárquica, com equipamentos de core redundantes,

distribuição e switches de acesso. A rede deve suportar funções avançadas de qualidade de serviços (QoS), segurança, redundância, alta disponibilidade e gerenciamento, necessárias para suportar a convergência de todos os serviços, sistemas e aplicações de dados, voz e vídeo, assim como a integração dos sistemas de automação predial.”

Dessa forma, a Rede Convergente do estádio devem suportar todos os sistemas tecnológicos da Arena, entre eles:

5.2.1 Redes sem fio:

O estádio deve oferecer conectividade sem fio em todas as suas dependências, permitindo a implantação e oferta de serviços de acesso à Internet e mobilidade, assim como a implantação de aplicações móveis, tais como: pontos de venda eletrônicos, checagem de ingressos e credenciais, leitores RFID e terminais de pagamento eletrônico. Seguindo as especificações IEEE 802.11 com funcionalidades de segurança integrada para dar suporte a todas as aplicações móveis dentro da Arena.

5.2.2 Redes LAN de Armazenamento:

A rede LAN que derivada dos Datacenters devem utilizar tecnologia Ethernet 10Gbps e permitir a convergência das redes de dados e de armazenamento através do uso de tecnologias FCoE (Fibre Channel over Ethernet), eliminando a necessidade de duas redes distintas, uma para dados e outra para armazenamento.

5.2.3 Sistema de Ingressos:

Uma das aplicações mais críticas para operação de um estádio ou arena esportiva é o sistema de emissão, comercialização e verificação de ingressos e credenciais, com impacto direto na rentabilidade e segurança do estádio.

O sistema de ingressos e credenciais é composto por centros de vendas (físicos ou Internet) e ambientes de suporte à comercialização e verificação de ingressos nos acessos físicos ao estádio.

Todos os pontos de venda devem estar equipados com sistemas de comunicação de dados e devem permitir a integração com instituições financeiras tais como operadoras de cartão de crédito, bancos e operadoras de vendas de ingressos.

5.2.4 Sistema de Controle de Acesso para Dependências Internas:

Esse sistema consiste em dispositivos de controle de acesso gerenciados de forma centralizada utilizando como plataforma de comunicação a rede Ethernet/IP. Controladores de portas, portais óticos, roletas e leitores biométricos com interfaces IP funcionam como concentradores para equipamentos com interfaces de comunicação legadas.

5.2.5 CFTV:

Sistema de monitoramento, armazenamento e gerenciamento de vídeo, com suporte a funcionalidades de processamento e análise de vídeo, visualização centralizada e gravação a partir de câmeras de segurança distribuídas dentro do estádio.

O sistema de vídeo vigilância digital deve ser baseado em uma arquitetura distribuída interconectada pela rede de comunicação convergente do estádio, eliminando a necessidade de infraestrutura de cabeamento dedicado para este fim.

5.2.6 Sistema de Detecção de Incêndio e Alarme:

Sistema automático de detecção de incêndio e alarme projetado para detectar a presença não desejada de fogo ou fumaça, controlando modificações ambientais associadas com a combustão. O sistema de alarme deve ser automaticamente acionado e permitir a notificação de evacuação no caso de emergência, disparar solicitação de serviços de emergência e acionar todos os sistemas associados para controle e combate ao incêndio.

O sistema de alarme e de detecção de incêndio deve possuir interfaces físicas com o sistema de controle de acesso, para garantir o fluxo seguro de evacuação por abertura automática e liberação de portas normalmente fechadas.

5.2.7 Sistema de Automação Predial – BMS:

Sistema integrado e centralizado de gerenciamento das instalações prediais do Estádio (BMS), responsável pelo monitoramento de todos os sistemas e execução de

instruções de controle através de uma Interface Homem-Máquina (HMI) utilizada pelo operador do estádio.

O sistema de gerenciamento predial deve oferecer interfaces para integração com os sistemas de automação e controle do estádio (elevadores, iluminação, irrigação do campo e outros).

5.2.8 Sistema de Telefonia Corporativa:

O sistema de telefonia corporativa deve fornecer capacidades avançadas de comunicação, aumentando a produtividade dos funcionários e reduzindo os custos de telefonia do estádio. A convergência dos sistemas de voz, vídeo e dados sobre uma mesma plataforma de transporte IP deve permitir redução de custos e oferecer novas possibilidades de comunicação unificada com clientes e parceiros comerciais.

O sistema de telefonia deve ser totalmente baseado em tecnologias IP deve ser implantado sem a necessidade de cabeamento dedicado, utilizando a rede Ethernet/IP do estádio para o transporte das chamadas telefônicas.

5.2.9 Sistema de Sonorização:

Sistema de sonorização profissional para entretenimento do público e suporte aos eventos do estádio. Os amplificadores dos equipamentos de som também serão IP e trafegarão o som através da Rede Convergente. Sendo que todo o controle de Som e Vídeo dar-se-á no Centro de Controle Operacional (CCO).

5.2.10 Sistema de Sinalização Digital Multimídia:

O estádio deve estar equipado com um sistema de sinalização digital multimídia – *Digital Signage* - suportando a implantação de serviços e aplicações que demandam a distribuição de conteúdo digital e comunicação audiovisual com o público dentro do estádio.

Este sistema deve ser composto por uma central de gerenciamento e displays de vídeo de alta definição distribuídos dentro do estádio. O sistema deve utilizar a rede de comunicação Ethernet/IP do estádio como infraestrutura de transporte para os sinais de controle e vídeo, evitando assim a implantação de uma infraestrutura dedicada.

Além de sinalização digital, este sistema deve permitir a distribuição de conteúdo de vídeo e áudio em alta definição e suportar as estratégias de marketing e propaganda da Arena, sendo possível a geração de receitas adicionais com a comercialização de espaços publicitários.

5.2.11 Placares e Telões de LED:

Sistema de painéis de vídeo de alta definição, para instalação outdoor, baseado em tecnologia LED, com qualidade de imagem e visibilidade de todos os ângulos de observação. Da mesma forma que o sistema de *Digital Signage*, também utiliza comunicação Ethernet/IP, porém é recomendada uma fibra óptica própria para que o volume de dados de multimídia não interfira nos outros sistemas.

5.2.12 VoIP:

A convergência dos sistemas de voz, vídeo e dados sobre uma mesma plataforma de transporte IP deve permitir redução de custos e oferecer novas possibilidades de comunicação unificada com clientes e parceiros comerciais, sendo assim o sistema de telefonia deve ser totalmente baseado em tecnologias IP sem a necessidade de cabeamento dedicado, utilizando a rede Ethernet/IP do estádio para o transporte das chamadas telefônicas.

O sistema de telefonia deve incluir a plataforma de controle de chamadas, os telefones IP e os sistemas para interconexão com a rede pública de telefonia. Nesse casos que as operadoras de telecomunicações devem oferecer serviços IP diretamente na rede do estádio, sem necessidade de conversação de telefonia analógica ou digital. Nesse caso o interesse público das operadoras é suplantado pelo interesse coletivo dos clientes.

5.2.13 Redundância:

Na parte de redes convergentes o projeto deverá possuir um *backbone* em 10Gbps totalmente redundante com equipamentos duplicados na camada de núcleo (switches centrais) e Datacenter, operando em regime de balanceamento de carga.

A camada de núcleo da rede deve estar duplicada em dois Datacenters distintos, com os principais serviços replicados, localizados em pontos cardinais opostos no estádio, alimentados por conexões e fibra ópticas distintas alocadas em caminhos diferentes.

Além disso, todo o sistema de alimentação elétrica deverá ser provido por duas redes de alta tensão vindas de subestações diferentes da operadora de energia. Na rede elétrica interna, essas duas fontes de energia devem chegar até as salas técnicas alimentando *no-breaks* distintos, com capacidade de suportar a capacidade dos equipamentos das salas técnicas por tempo suficiente até a entrada do grupo gerador de energia independente.

5.3 DEFINIÇÃO DA ARQUITETURA DE REDES A SER ADOTADA

Um dos primeiros pontos críticos do Projeto de Redes Convergentes que encontramos foi a escolha da arquitetura e topologia a ser implantada. Antes de detalhar o modelo de redes escolhido, vamos detalhar os conceitos e interligações recomendados pela FIFA.

5.3.1 Recomendação de Rede proposto pela FIFA:

Para a FIFA (2012) a “*arquitetura da rede interna do estádio baseia-se em uma estrutura de três camadas, Núcleo (área primária), Distribuição (área secundária) e Acesso (área de usuários)*”.

Partindo desse pressuposto, precisamos interconectar três tipos de salas técnicas com funções distintas, sendo:

1. PTA - Sala Técnica Primária (*Primary Technical Area*);
2. STA - Sala Técnica Secundária (*Secondary Technical Area*);
3. LTA - Sala Técnica Local (*Local Technical Area*);

A PTA é o núcleo da rede (*Network Core*) sendo o equivalente ao Datacenter, onde estarão conectados todos os principais servidores, switches concentradores, links WAN e a maior concentração de conexões vindas das outras salas técnicas. Seguindo as recomendações, devem existir duas PTAs em lados opostos da Arena com conexões por caminhos distintos (dupla abordagem de cabeamento) tanto das salas técnicas, quanto das conexões externas ao Estádio, como conexões WAN de dados e telefonia e, também, para conexões com áreas adjacentes de serviços, como o *Broadcast Compounding* – local das operadoras de televisão.

A PTA deve ser dividida internamente em duas grandes áreas: PTA – onde ficam os equipamentos ativos, como servidores, swiches e roteadores e o TCR, sigla de sala de

cabeamento (*Technical Carrier Room*), local destinado ao recebimento do cabeamento metálico e óptico.

A sala STA é onde ficam os equipamentos de distribuição de redes, conceitualmente sendo a camada de distribuição entre a PTA e a LTA. Para a FIFA (2012), “*o nível secundário distribui a rede, se estende verticalmente dentro dos Estádios e permite a conexão entre os vários pisos, podendo haver trechos horizontais para compatibilizações de prumadas distintas*”.

As STAs devem possuir dois caminhos distintos para chegar até as PTAs, normalmente tendo uma conexão para cada PTA, caracterizando uma topologia de rede de dupla estrela. As STAs irão receber as conexões vindas das LTAs e encaminharão ao núcleo de rede, não possuindo pontos de conexão de acesso nessas áreas.

A sala LTA é o ponto de acesso dos sistemas, sendo a “borda” da rede que recebe os pontos de rede IP vindos dos pontos finais dos sistemas, como pontos de dados para conexão de computadores, Access Point Wireless, telefones IP, câmeras de vigilância, detectores de incêndio, sonofletores e amplificadores de som, sistemas de controle de acesso, como catracas e acessos de portas, enfim, todos os sistemas que utilizam conexão de rede Ethernet.

Para auxiliar na certificação LEED e ser ambientalmente sustentável, é importante que os swiches de acesso possuam tecnologia de transmissão energia elétrica sobre cabeamento de rede (PoE – Power over Ethernet), para conectar pontos de sistemas sem a necessidade de cabeamento elétrico adicional. Nesse caso, precisamos prever equipamentos de rede sem fio (Access point), câmeras de vigilância (CFTV), detectores de incêndio e demais itens com tecnologia que permitam ser energizados pela rede Ethernet – PoE.

As salas LTAs devem ser conectadas diretamente nas salas STAs e através delas estarem conectadas ao resto da Rede Convergente.

Para exemplificar essa topologia de dupla estrela e suas interconexões, a Figura 6 abaixo pode servir de modelo:

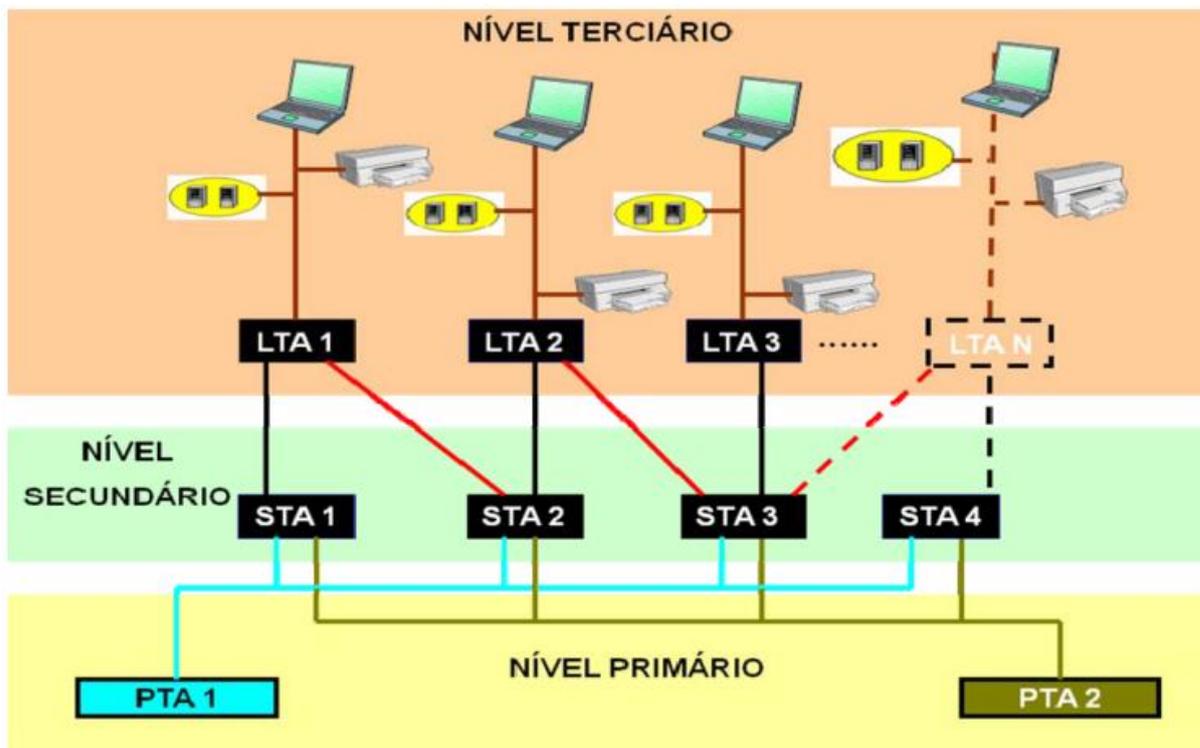


Figura 6 – Exemplo de topologia de redes
Fonte: FIFA, 2011

5.3.2 Escolha do modelo de topologia a ser adotada:

Partindo das recomendações apresentadas no item 5.3.1, desenvolvemos inicialmente um modelo idêntico ao apresentado pela FIFA, denominado por nós de topologia de rede em três camadas, com interconexões em dupla estrela e nos níveis primário e secundário com mais uma redundância adicional em anel. Teríamos duas PTAs localizadas em faces opostas do estádio, com entradas de links e energia elétrica externa redundante e em direção oposta, tendo um acesso exclusivo de cabeamento para cada PTA.

No nível secundário ou camada de distribuição, teríamos nove STAs espalhadas pelos seis pavimentos superiores e três níveis de subsolo existentes na Arena, sendo que em alguns pavimentos teríamos mais de uma STA e em outros pavimentos não haveria STA. A definição da quantidade e posição de salas STAs se basearam no número de salas LTAs que deveriam estar conectas e na distância necessária para passagem de fibras ópticas.

No nível terciário ou camada de acesso, fazem parte do projeto 16 salas LTAs, responsáveis pela conexão de todos os pontos de rede Ethernet. A definição do número de LTAs e suas localizações se basearam na quantidade de pontos de rede previstos nas áreas cobertas por cabeamento, como lojas, escritórios, áreas de circulação de público, pontos de câmeras de segurança e detectores de incêndio, locais de controle de acesso, como catracas de

acesso ao Estádio e salas técnicas, camarotes, pontos de televisão IP, etc. Além dos pontos previstos a localização das LTAs também leva em consideração a distância dos pontos de rede em cabeamento metálico sem ultrapassar o previsto em normas técnicas de 90 metros.

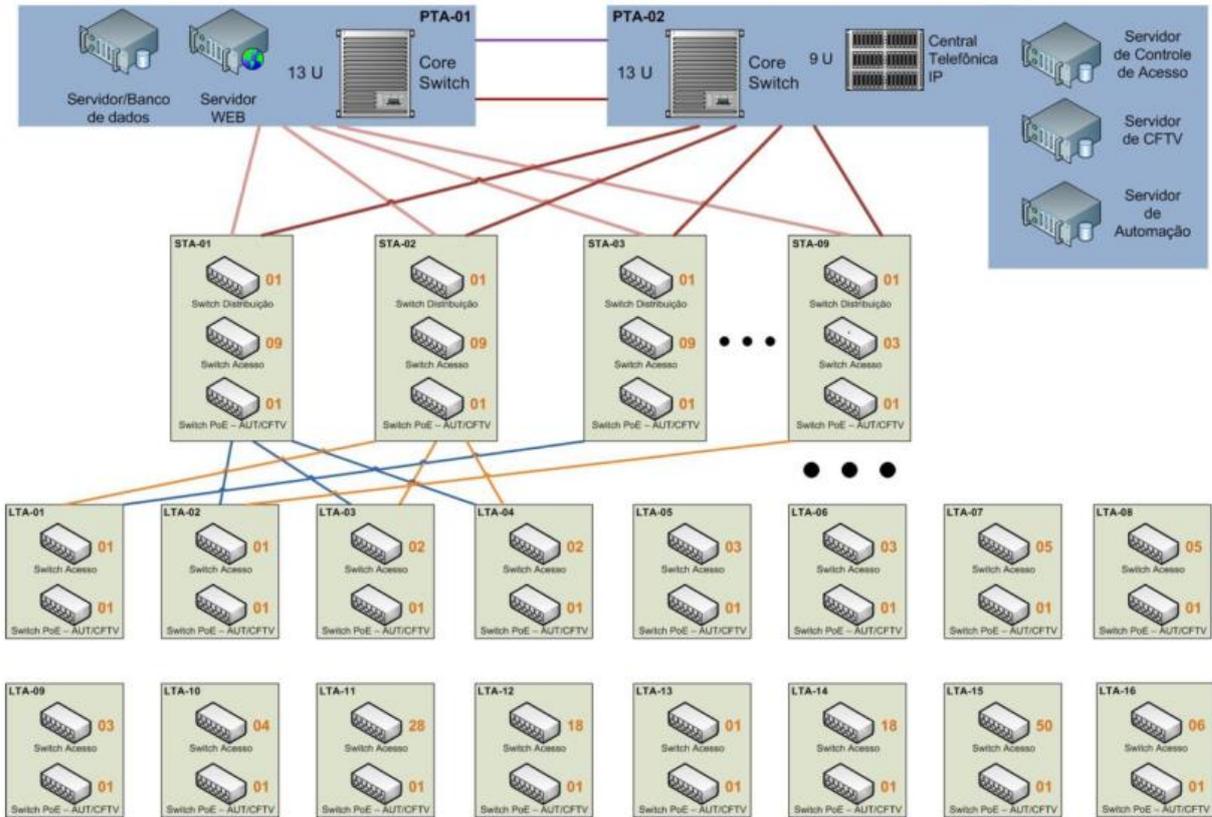


Figura 7 – Topologia de rede em três camadas
Fonte: Autoria própria

Esse modelo de topologia de rede foi inicialmente selecionado para ser divulgado as empresas que fariam as cotações e instalações. Porém durante o processo de análise das propostas percebemos que o investimento financeiro para se implantar esse modelo era muito elevado e acima do orçamento inicialmente previsto, pois os equipamentos ativos de redes, como swiches, deveriam suportar roteamento IP (*layer 3*) tanto no núcleo da rede quanto na camada de distribuição. Com o roteamento na camada de distribuição seria possível isolar a Virtuais LAN (*VLAN*) de cada sistema, permitindo priorizar o tráfego dos sistemas de Sonorização e Vídeo IP, para não haver grandes atrasos (*delays*) na transmissão.

Mesmo assim, os estudos realizados pelos fabricantes de ativos de rede, bem como sua experiência em implantações semelhantes em outras Arenas nos EUA, mostraram que o *delay* de vídeo podia chegar a mais de 1 segundo, sendo esse valor acima do aceitável para a visualização tanto pelas recomendações da FIFA, quanto pela nossa expectativa em atender nossos clientes e parceiros.

Com resultados técnicos ruins e investimentos altos, decidimos alterar a topologia de redes convergentes, visando ter melhores desempenhos. Para isso, alguns fabricantes em conjunto com nossos projetistas, desenvolveram uma topologia de rede em duas camadas, e mantendo as interconexões no formato de dupla estrela e anel redundante.

Dessa forma, elimina-se a camada de distribuição e todas as salas técnicas, sejam STAs ou LTAs passam a ter conexões em fibra óptica monomodo (devido às distâncias elevadas em alguns pontos) com tecnologia 10 Gigabit Ethernet até as PTAs, sendo que para cada PTA existe um caminho de conexão diferente, visando aumentar a disponibilidade da solução.

Com isso eliminamos a necessidade de swiches *layer 3* existentes na camada de distribuição, além disso a camada de acesso passa a acessar o núcleo da rede com apenas um salto de conexão (*hop*). Dessa forma, os equipamentos de acesso podem ser swiches de *layer 2* com diferentes Virtuais LAN (*VLAN*) para cada tipo de serviço. No núcleo da rede é mantido o mesmo conceito de switch com *layer 3*, fazendo o roteamento entre as *vlands* e seus sistemas.

Segundo os fabricantes a velocidade de transmissão de multimídia (através de *multicast*) é maior que no modelo anterior de três camadas e dentro dos padrões previstos pela FIFA, com aproximadamente 0.4 segundos de atraso.

Essa modificação resultou em uma rede mais fácil de gerenciar, uma vez que o roteamento é feito somente no núcleo da rede, o desempenho melhorou e os valores ficaram 40% menores, dentro do previsto no orçamento.

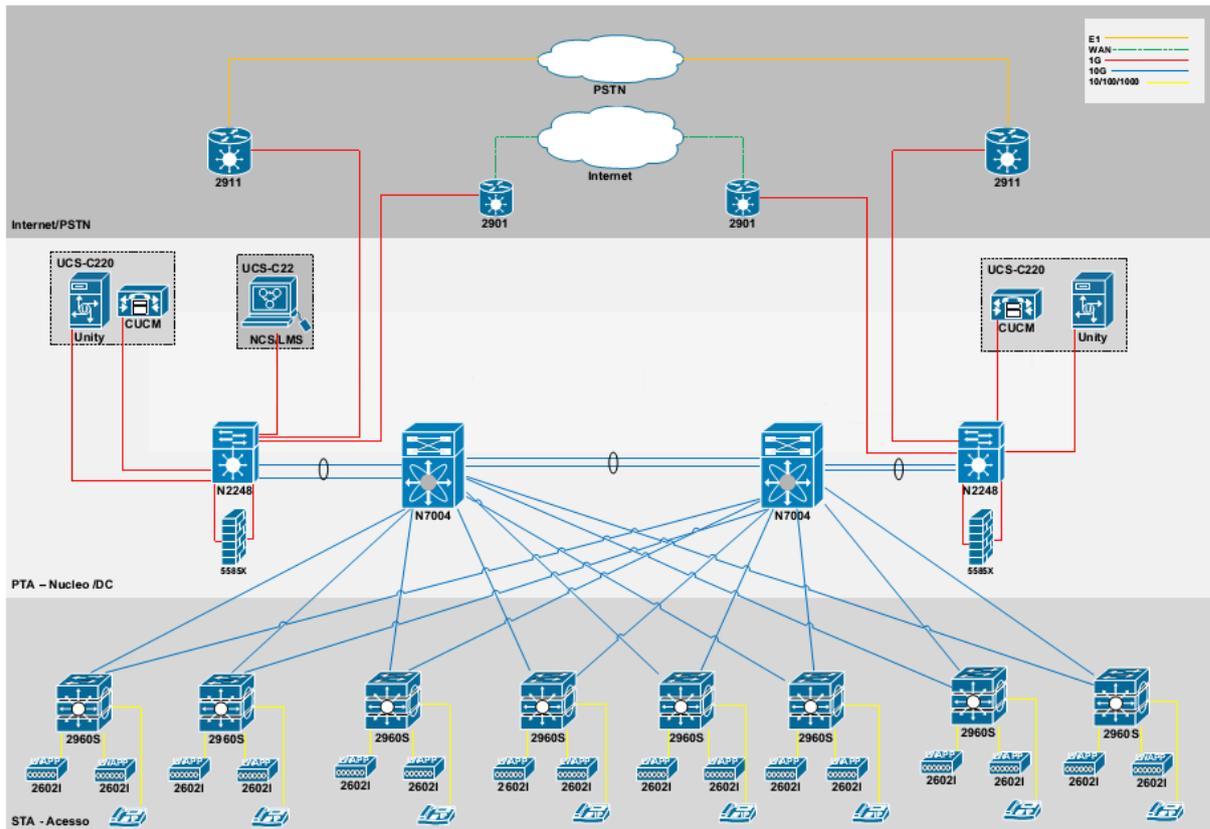


Figura 8 – Topologia de rede em duas camadas
Fonte: Autoria própria

Na Figura 8 está exemplificada como seria a topologia em duas camadas que foi escolhida para ser implantada na Arena Multiuso. A camada de acesso é representativa, uma vez que temos 25 salas técnicas ao todo conectadas nas PTAs, além disso, na camada de núcleo de rede teremos uma conexão entre as PTAs interligando os switches principais com quatro conexões de 10 Gigabit Ethernet cada, formando uma agregação de link (*Link Aggregation*) de 40Gbps para suportar todo o tráfego gerado.

5.4 DEFINIÇÃO DO TIPO DE CABEAMENTO A SER ADOTADO

Outro grande ponto de discussão dentro do Projeto de Redes Convergentes foi a escolha do tipo de cabeamento a ser adotado.

Como visto no item 5.3.2 a escolha da fibra óptica foi baseado nas distâncias e na possibilidade de trafegar velocidades de 10 Gbps. Com isso ficou fácil a escolha por fibra óptica do tipo monomodo, por ser a única que atingia distâncias maiores que 200 metros com 10 Gigabit Ethernet. Por questões financeiras, o custo seria menor se adotássemos fibra óptica multimodo em distâncias menores, pois o conector de fibra nos switches é 50% mais barato.

Porém gerenciar uma rede com centenas de pontos ópticos tendo dois tipos de fibra óptica é muito mais complicado e demorado, prejudicando o tempo hábil na resposta a incidentes. Por isso optamos em possuir a rede óptica com fibra monomodo em toda sua extensão, facilitando a administração, mesmo com um custo ligeiramente maior.

No cabeamento metálico a discussão se aprofundou na escolha da categoria do cabeamento entre as versões 6 e 6A. Como o cabeamento representa uma parte significativa do investimento tecnológico de uma Arena Multiuso, é aconselhável fazer o cabeamento já prevendo uma vida útil longa, possibilitando expansão futura das tecnologias de sistemas e redes convergentes sem a necessidade de substituição.

Atualmente as duas versões de cabeamento mais avançadas disponíveis no mercado são as categorias 6 e 6A. A categoria 6 já está disponível para implantação desde 2001 quando foi homologada na norma ANSI/EIA/TIA-568-B.1-2001. A categoria 6 opera em 250Mhz e pode chegar a velocidades de 1Gbps em Gigabit Ethernet. Enquanto isso a categoria 6A é uma evolução de sua antecessora, sendo uma tecnologia mais recente podendo trafegar a velocidades de 10Gbps, utilizando 500Mhz de transmissão.

Segundo FEY, *“outra característica identificadora do cabo CAT6A é sua espessura”*, tendo um cabo com espessura maior que o Categoria 6. Além disso, *“a razão mais proibitiva para implementação de um sistema que utiliza totalmente cabos CAT6A é o custo. Os cabos CAT6A custam mais do que o dobro de cabos CAT6, sem mencionar o custo do equipamento que funciona em 10Gbps”*.

Nos nossos orçamentos iniciais o custo do cabeamento 6A mostrou-se 60% maior que em relação ao cabeamento categoria 6. Além disso, a infraestrutura para passagem dos cabos deveria ser ampliada, em razão da maior espessura do cabo categoria 6A, o que também dobraria os custos.

Todo nosso *backbone* principal trafegará em 10Gbps utilizando fibra óptica, assim como todos os equipamentos conectados no núcleo da rede. Além disso, todos os equipamentos localizados no acesso, como computadores, câmeras, catracas, entre outros, irão trafegar no máximo em velocidades de 1Gbps. Com isso podemos optar por uma rede Categoria 6, atendendo totalmente as necessidades atuais com possibilidades de expansão futura. A categoria 6 não terá uma vida útil tão longa quando a categoria 6A, porém atualmente não justifica os altos investimentos. No final, a escolha pelo melhor custo/benefício prevaleceu e a categoria 6 foi a escolhida para cabear a Arena.

5.5 ESCOLHA DOS FORNECEDORES DE TECNOLOGIAS

Depois de feitas as escolhas dos principais pontos técnicos da Rede Convergente, como a topologia da rede, tipo de cabeamento e quais os sistemas e tecnologias a serem interligadas, iniciou-se o processo para escolha dos fabricantes de tecnologia e das soluções que mais se aderem às necessidades expostas até aqui.

No projeto enviado além da especificação e detalhamento em planta de todos os pontos de cobertura, com aproximadamente 3000 pontos de rede estruturada, também consta as especificações técnicas dos equipamentos de rede e suas funcionalidade devidamente identificadas e normatizadas. Para garantir isonomia e poder de competitividade a todos os fabricantes, o projeto de redes convergentes não se baseou em modelos ou fabricantes específicos, deixando o projeto apenas com especificações técnicas e funcionalidades gerais. Um exemplo disso foi a especificações dos switches de rede, onde as características técnicas foram apresentadas em forma de protocolos necessários, dentre eles:

1. Deve possuir portas Switch Gigabit Ethernet 10/100/1000BaseT com conectores RJ45;
2. Deve suportar auto negociação de velocidade, modo duplex e MDI/MDIX;
3. Deve possuir módulos de interface 10 Gigabit Ethernet;
4. Implementar controle de broadcast e multicast;
5. Implementar o protocolo Spanning Tree;
6. Suportar ao menos 4094 VLans – protocolo IEEE 802.1Q;
7. Deve suportar agregação de links possibilitando até 8 links Gigabit Ethernet;
8. Deve suportar Jumbo Frames;
9. Deve implementar roteamento IPv4 e IPv6;
10. Deve implementar os seguintes protocolos de roteamento: RIP, RIPII, OSPF, BGP4, IS-IS, PIM-SM, PIM-DM, PIM-SSM, RIPng, OSPFv3, BGP4+, PIMv6 DM e PIMv6 SM;
11. Deve suportar gerenciamento SNMP v1, v2c e v3;
12. Deve suportar gerenciamento RMON.

Os itens acima são somente um exemplo de como foi confeccionado o Projeto de Redes Convergentes, criando uma RFP – *Request for Proposal*. Dessa forma é possível descrever exatamente como devem ser os equipamentos e, principalmente, é possível comparar as soluções propostas, visando verificar a que melhor atende com o melhor custo/benefício.

Após o recebimento das propostas, além das análises técnicas e comerciais, a escolha também precisa ser por uma solução e tecnologia que possam abranger a maior parte dos sistemas necessários na Rede Convergente, como ativos de rede, solução de rede sem fio, solução de telefonia IP, *multicast* de vídeo streaming, segurança de redes, entre outros.

A solução que consegue alcançar o maior número sistemas propostos leva a vantagem de ser mais facilmente integrada e gerenciada. O gerenciamento de Redes Convergentes é um ponto que não pode ser esquecido no processo de escolha de uma solução.

É importante que todos os equipamentos de rede que possuam IP também possuam formas de serem gerenciados remotamente, seja por protocolos proprietários ou por protocolos abertos como o SNMP. A escolha por protocolos abertos leva vantagem, pois podem ser integrado independente do fabricante, dando maior transparência na escolha de sistemas de gerenciamento.

Em uma Arena que possui mais de 3000 pontos com equipamentos IP é fundamental o gerenciamento e, se possível, a automação remota, facilitando a administração, diminuindo os tempos de equipamentos parados (*Down-time*) e diminuindo os custos com manutenção.

5.6 PONTOS CRÍTICOS PARA O SUCESSO DA IMPLANTAÇÃO

Durante o planejamento para a execução do Projeto de Redes Convergentes verificamos em conjunto com a empresa integradora escolhida, alguns pontos fundamentais para o sucesso da implantação, bem como verificamos acertos e erros cometidos por outras Arenas durante a Copa das Confederações FIFA 2013.

O objetivo de elencar esses pontos críticos é facilitar nossa implementação a fim de evitar erros cometidos em outros locais e seguir exemplos de sucesso visando garantir a melhor implantação do Projeto dentro do prazo e cronogramas estipulados pelos gestores da obra.

O primeiro ponto crítico aqui exposto é a finalização civil, elétrica e ar condicionado das 25 salas técnicas (STAs e LTAs) necessárias para recebimento do cabeamento, conectorização e instalação os equipamentos de redes, sonorização e automação. Verificamos em outras arenas que a infraestrutura para passagem de cabeamento, como calhas, leitos e dutos foram finalizados, porém as salas técnicas ainda não estavam prontas. Com isso, os equipamentos e cabeamento ficavam expostos à poeira, sujeira, água e insegurança de acesso físico, reduzindo sua vida útil e aumentando os riscos de problemas técnicos.

No Projeto de Redes Convergentes está previsto a passagem de dutos para cabeamento externo das Operadoras de Telecomunicações de forma redundante para cada PTA vindo de locais externos da Arena em pontos cardinais opostos. Com isso conseguimos ter total redundância de comunicação para telefonia, *links* WANs, sistema de televisão, etc. A passagem dessa infraestrutura deve ser priorizada a fim de reduzir o tempo de implantação desses serviços por parte das Operadoras de Telecom, pois sabemos que os prazos de instalações são altos e toda a infraestrutura que pudermos fazer a fim de reduzir esses prazos é bem vinda. Pois com isso, conseguimos com que todas as integrações com as Operadoras convirjam com mais tempo para testes e comissionamento.

O cronograma da implantação é um ponto crítico de sucesso, pois não basta informar todas as atividades do Projeto de Redes Convergentes, seus prazos e predecessoras. É fundamental estar compatibilizado com as atividades de todos os outros serviços do empreendimento, como obra civil, elétrica, resfriamento e demais projetos de tecnologia, como automação, cabeamento, etc. Assim como na montagem de uma estrutura para quedas de dominós, todos os serviços anteriores devem seguir seus prazos para execução, pois uma falha pode impedir a queda do dominó seguinte.

Um cuidado muito grande que se deve tomar no cronograma é a aquisição dos equipamentos que compõe a solução de Redes Convergentes levando em consideração o prazo para fabricação, entrega, importação – quando necessária – para que a configuração e instalação destes ocorram dentro do prazo estipulado pelo cronograma. É importante considerar uma margem de tempo adicional para caso haja algum contratempo nesse processo.

A contratação das Operadoras de Telecom deve ser planejada priorizando a implantação para que ocorra durante o processo de montagem das PTAs. Além dos prazos de entrega deve-se tomar cuidado na escolha das soluções contratadas. O primeiro ponto técnico a ser avaliado é a contratação de serviços convergentes que não necessitem conversão de tecnologia, ou seja, contratar serviços de telefonia, TV digital e outros já entregues na Arena usando rede IP, pois a rede interna da Arena já estará preparada para recebimento e transmissão de soluções IPs e uma eventual conversão de tecnologia, como de TV analógica para IP, por exemplo, pode diminuir a qualidade do sinal e aumentar os atrasos de transmissão – *delay*.

Além disso, deve ser priorizar que a Operadora de Telecom transporte seus serviços por meio de conexões em fibra óptica, pois há otimização os espaços dos dutos de passagem e possuem vida útil maior, sem necessidade de mudança do cabeamento a medida que se evoluam as velocidades de conexão.

Por fim, é importante para a implantação dentro do cronograma a realização de reuniões periódicas com todos os envolvidos. Inicialmente propomos reuniões técnicas somente entre os envolvidos do Projeto de Tecnologia em geral, como os Projetos de Redes Convergentes, Cabeamento, Automação, Som e Vídeo, para acompanhamento das instalações e resolução de problemas técnicos, além de resoluções de problemas de interferências entre os sistemas tecnológicos.

Feitas as reuniões do Projeto de Tecnologia, achamos necessária a reunião do líder desse projeto com os líderes dos demais Projetos em execução, como Projeto Arquitetônico, Hidráulico, Elétrico, Civil e Ar Condicionado para serem compatibilizadas as atividades e seus impactos entre essas disciplinas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Convergência de Redes e o uso massivo de tecnologias móveis será o grande legado tecnológico da Copa do Mundo FIFA de 2014. Para se aproveitar desse momento é necessário demonstrar aos investidores das Arenas que encarem a tecnologia como investimento e não somente como custo.

Uma forma de mensurar esses investimentos é demonstrar os retornos financeiros que uma Arena Multiuso tecnologicamente avançada podem trazer, como o aumento da produtividade dos funcionários, a centralização da operação, permitindo a tomada de ações de maneira pró ativa ou quando feita de maneira reativa, como em uma reclamação de um cliente, seja mais prontamente resolvida, diminuindo os problemas e aumentando a satisfação dos clientes, torcedores e expectadores. Além disso, a Convergência de Redes reduz custos significativos em energia elétrica, ar condicionado e gastos com as Operadoras de Telecomunicações, deixando a Arena mais sustentável economicamente e com desenho ambiental mais correto para os dias atuais.

A tecnologia também melhora segurança de todos os envolvidos, reduzindo tempos para respostas a incidentes, como incêndios, tumultos e terrorismo. Priorizando a vida e o bem estar e todos.

Uma Rede Convergente também pode aumentar os lucros nas vendas de produtos, facilitando o acesso às compras e melhorando a comodidade dos expectadores, isso tanto para os operadores das Arenas, quanto para seus parceiros de negócios e também para as Empresas de Telecomunicações que terão aumento em seus acessos e poderão ter mais rentabilidade.

Porém, para tudo isso funcionar em perfeita harmonia, é necessário prover serviços de qualidade, melhorando os pobres serviços de dados ofertados atualmente, tanto por parte dos provedores de acesso quanto por parte dos empreendimentos, pois sabemos que o índice de satisfação dos clientes é diretamente proporcional aos investimentos em tecnologia efetuados.

REFERÊNCIAS

- COL, Comitê Organizador Local. **Requerimentos Técnicos: Infraestrutura de Tecnologia da Informação (TI) e Telecomunicações (Telecom) para Estádios de Futebol**, 4º Revisão. 48p. 2011.
- COMER, Douglas E. **Internetworking with TCP/IP. Principles, Protocols and Architectures**. 4º Edição, New Jersey, EUA: Prentice Hall. 770p, 2000
- DIAS, Beethovem Zanella. ALVES, Nilton Jr. **Evolução do Padrão Ethernet**. Artigo disponível em <http://www.rederio.br/downloads/pdf/nt00202.pdf>. Acesso em 24/06/2013.
- FEDERAL, Governo. **Plano de Promoção do Brasil. A Copa do Mundo FIFA 2014 como plataforma de promoção do Brasil**. Disponível em <http://www.copa2014.gov.br/sites/default/files/publicas/plano-promocao.pdf>. Acesso em 21/05/2013
- FEY, Ademar F. **Diferença entre o cabo CAT6 e o CAT6A**. Disponível em <http://ademarfey.wordpress.com/2011/09/07/cabeamento-estruturado-3/>. Acesso em 22/07/2013
- FIFA. **2014 FIFA World Cup Brazil Stadium Access Control System**. 1º Edição, 28P, 2012.
- FIFA. **Estádios de Futebol - Recomendações e Exigências Técnicas**, 5º Edição. Zurique, Suíça: FIFA Fédération Internationale de Football Association, 435p, 2011.
- FUNICELLI, Vinicius Barreiro. **NGN e IMS I: Redes Legadas e Redes Convergentes**. Artigo disponível em <http://www.teleco.com.br/DVD/PDF/tutorialngnims1.pdf>. Acesso em 19/06/2013
- HEINISCH, Astrid Maria Carneiro. **Histórico da Padronização da NGN pelo ITU-T**. Artigo disponível em <http://www.teleco.com.br/pdfs/tutorialngnI.pdf>. Acesso em 17/06/2013
- KUROSE, James. ROSS, Keith W. **Redes de Computadores e a Internet, Uma Abordagem Top-Down**. 5º Edição, São Paulo: Pearson Education do Brasil. 618p, 2010.
- MENDES, João Luís Alves. **A Evolução das Redes Ethernet**. Artigo da Empresa Embratel, disponível em <http://www.lrodrigo.lncc.br/images/d/d4/EvolucaoEthernet.doc>. Acesso em 17/06/2013.
- NASSIF, Antônio Teófilo. SOARES, Antonio José Martins. **Convergência das Redes de Comunicação: Aspectos Técnicos e Econômicos**. Artigo disponível em http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-13372005000200002&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em 19/06/2013
- NOGUEIRA, Leonardo. **Redes Convergentes : a principal tendência na Copa do Mundo no Brasil**. Artigo disponível em <http://www.ipnews.com.br/telefoniaip/index.php/component/>

k2/item/3641-redes-convergentes-a-principal-tend%25C3%25AAncia-na-copa-do-mundo-no-brasil.html. Acesso em 15/05/2013.

PRADO, Eduardo. **Copa do Mundo de 2014 & Tecnologia**. Disponível em <http://www.teleco.com.br/imprimir.asp?pagina=/emdebate/eprado56.asp>. Acesso em 16/05/2013.

SINDITELEBRASIL. **Diagnóstico, cenários e ações para o Setor de Telecomunicações no Brasil - 2014 a 2020**. Estudo realizado pela Telebrasil, disponível em <http://www.telebrasil.org.br/posicionamentos/estudo/326-diagnostico-cenarios-e-aco-es-para-o-setor-de-telecomunicacoes-no-brasil-julho-de-2011>. Acesso em 24/06/2013

TANENBAUM, Andrew. WETHERALL, David J. **Computer Networks**, 5ª Edição. Boston, Massachusetts, EUA: Pearson Education, Inc. 933p, 2011.