



# DESENHO E IMPLEMENTAÇÃO DE FLUXO PARA SMPTE ST 2110

**PAULO MANUEL PINTO DA SILVA**

Outubro de 2021

# DESENHO E IMPLEMENTAÇÃO DE FLUXO PARA SMPTE ST 2110

**Paulo Manuel Pinto da Silva**

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia Informática, Área de Especialização em  
Sistemas Gráficos e Multimédia**

**Orientador: António Abel Vieira de Castro (PhD)**

**Coorientador: Orlando Ribeiro (Eng.)**

**Júri:**

Presidente:

Constantino Martins (PhD), ISEP

**Vogais:**

Filipe Pacheco Paulo (PhD), ISEP

Porto, outubro 2021



“A todas as pessoas que me proporcionaram a minha chegada a este ponto e que me deram todas as ferramentas para a minha realização pessoal e profissional.”

***Paulo da Silva***



# Resumo

O presente documento surge para documentar a execução de uma dissertação sobre “Desenho e implementação de fluxo para SMPTE ST 2110” desenvolvido no contexto de TMDEI do MEI-ISEP em parceria com a empresa Glookast.

A indústria do Broadcast encontra-se numa mudança profunda nas tecnologias que usa para a captura profissional de vídeo, a transição de SDI para IP. Com esta evolução, todas as empresas inerentes ao mesmo setor precisam de verificar a oferta que possuem e desenvolver novas soluções de acordo com o novo mercado.

Foi exatamente o que a Glookast fez e achou necessária a realização de um projeto que visasse a análise das principais tecnologias de vídeo IP atuais bem como a elaboração de uma solução que o suporte.

Com os objetivos definidos, prosseguiu-se à análise de todas as tecnologias e protocolos de transporte profissional de vídeo. Desta maneira garante-se a solução que possa dar mais valor à empresa, sendo neste caso o uso do protocolo SMPTE ST 2110.

Foi desenvolvida uma solução com uma eficiência considerável sendo possível capturar os mais variados formatos de vídeo.

Devido à usabilidade do sistema ser o aspeto mais considerável da solução, foram realizados testes com grupos de colaboradores para garantir o cumprimento desse aspeto.

O documento é finalizado com uma conclusão sobre os resultados do projeto, bem como, a apresentação do trabalho futuro.

**Palavras-chave:** Broadcast, IP Transport, Video Ingest Server, SMPTE, Versatilidade



# Abstract

This document documents the execution of a thesis on “Design and Workflow Implementation for SMPTE ST 2110” developed in the context of TMDEI of MEI-ISEP in partnership with the Glookast company.

The Broadcast industry is undergoing a profound change in the technologies it uses for its professional video capture, the transition from SDI to IP. With this evolution, all companies inherent to the same sector need to check their offers and develop new solutions according to the new market.

It was exactly what Glookast did and found out that it was necessary to carry out a project aimed at analyzing the main current IP video technologies as well as preparing a solution that supports it.

With the objectives determined, it was proceeded the analysis of all technologies and protocols for professional video transport. This ensures the solution chosen can give the most value to the company, in this case it was selected the use of the SMPTE ST 2110 protocol.

A solution was then developed with the capability to capture the most varied video formats.

Due the usability of the system being one of the most considerable aspects of the solution, tests were carried out with groups of employees to ensure compliance in this aspect.

The document is finished with a conclusion on the results of the project, as well as the presentation of future work.

**Keywords:** Broadcast, IP Transport, Video Ingest Server, SMPTE, Versatility





# Agradecimentos

Agradeço antes de mais a todos as pessoas que tornaram possível a minha chegada até este patamar, principalmente aquelas com as quais lidei diretamente, nomeadamente aos colegas, professores e outros profissionais que me ajudaram durante todo este período.

Agradeço em especial ao meu orientador, o Professor Doutor António Vieira de Castro, por toda a ajuda e apoio dado na realização desta dissertação.

Agradeço ao Eng.º Orlando Ribeiro, pela ajuda e apoio dado na realização do projeto e da dissertação.

Gostaria de agradecer também ao Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), em especial ao Departamento de Engenharia Informática (DEI) pelo conhecimento e valores que me foram transmitidos desde a Licenciatura até ao Mestrado.

Devo também um agradecimento à Glookast por ter acreditado em mim desde o momento da realização do projeto de estágio na Licenciatura, o projeto de Dissertação no Mestrado e os anos como profissional e membro da família.

Também agradeço a todos os meus amigos e companheiros de jornada por toda a ajuda e colaboração nos trabalhos e projetos que realizei durante a licenciatura.

Por fim, um agradecimento muito especial aos meus familiares pelo apoio, suporte e motivação que me deram durante a minha caminhada. Sem eles certamente não estaria na posição em que me encontro.



# Índice

<b>1</b>	<b>Introdução.....</b>	<b>1</b>
1.1	Enquadramento .....	1
1.2	Problema .....	2
1.3	Objetivos e contributos esperados .....	2
1.4	Metodologia.....	3
1.5	Análise de Valor .....	3
1.6	Estrutura do documento.....	4
<b>2</b>	<b>Contexto e Estado da Arte.....</b>	<b>5</b>
2.1	Captura profissional de vídeo .....	5
2.1.1	Captura profissional de vídeo por SDI .....	6
2.1.2	Captura profissional de vídeo por IP .....	9
2.1.3	Casos de estudo.....	14
<b>3</b>	<b>Análise de Valor.....</b>	<b>17</b>
3.1	Descrição .....	17
3.2	New Concept Development .....	18
3.2.1	Engine .....	18
3.2.2	Elementos do NCD.....	18
3.3	Valor, Valor Percecionado e Valor para o Cliente.....	21
3.3.1	Valor .....	21
3.3.2	Valor percecionado para o cliente .....	22
3.4	Proposta de Valor do projeto.....	23
3.5	Rede de Valor .....	23
3.6	Análise Hierárquica .....	24
3.6.1	Interoperabilidade.....	26
3.6.2	Flexibilidade.....	27
3.6.3	Desempenho .....	27
3.6.4	Classificação de Protocolos .....	28
<b>4</b>	<b>Abordagens e Design da solução .....</b>	<b>29</b>
4.1	Abordagens na captura de SMPTE ST 2110 .....	29

4.1.1	Specific Hardware .....	29
4.1.2	Of the shelf Hardware .....	29
4.2	Abordagem escolhida .....	30
4.3	Design .....	30
4.4	Arquitetura .....	33
<b>5</b>	<b>Construção da solução.....</b>	<b>35</b>
5.1	Hardware .....	35
5.2	Fluxo de Captura da Matrox.....	36
5.3	Implementação da Captura Vídeo IP .....	38
5.3.1	Verificação de hardware .....	38
5.3.2	Gestão de memória .....	39
5.4	Interface com o utilizador .....	40
5.5	Testes funcionais .....	43
<b>6</b>	<b>Avaliação da solução .....</b>	<b>45</b>
6.1	Objetivo da Avaliação.....	45
6.2	Descrição hipóteses.....	45
6.3	Metodologia de Avaliação.....	45
6.4	Análise de resultados .....	47
6.4.1	Análise por questão e grupo.....	47
6.4.2	Cálculo e Análise do resultado de SUS .....	57
6.5	Apreciação dos resultados .....	58
<b>7</b>	<b>Conclusões e trabalho futuro .....</b>	<b>59</b>
7.1	Principais Conclusões .....	59
7.2	Trabalho futuro .....	60

# Lista de Figuras

Figura 1 – Editshare Flow (EDITSHARE FLOW & ARCHIWARE P5 ARCHIVE, s.d.) .....	6
Figura 2 – Cabo SDI .....	9
Figura 3 – Relógios PTP .....	10
Figura 4 – SMPTE 2110 vs SMPTE 2022-6.....	13
Figura 5 – “Updated ST 2110 Diagram” (Simpson, Updated ST 2110 Diagram, 2020) .....	14
Figura 6 – Centro de Produções SIC.....	15
Figura 7 – Processo de Inovação (A.Koen, et al., 2002).....	17
Figura 8 – Modelo NCD (A.Koen, et al., 2002) .....	18
Figura 9 – “What trend are currently driving the most profound changes in the industry” (Ashford, 2015) .....	19
Figura 10 – “The transition to IP is top of mind” (Fresh insights into the state of IP and Cloud adoption in the broadcast industry, 2020) .....	20
Figura 11 – Proposta de valor CANVAS.....	23
Figura 12 – “Example of a Hierarchy of Criteria/Objectives” (Vargas, 2010).....	24
Figura 13 – Diagrama de sequência da configuração do sistema .....	31
Figura 14 – Diagrama de Componentes .....	34
Figura 15 – Matrox X.mio5 Q25 SMPTE ST 2110 .....	35
Figura 16 – Simples Fluxo Captura IP 2110.....	36
Figura 17 – Principais componentes Matrox SDK (Matrox, 2021).....	37
Figura 18 – <i>Gloobox Capturer Recorder tool</i> .....	40
Figura 19 – Configuração Vídeo IP 2110.....	41
Figura 20 – Configuração Áudio IP 2110.....	42
Figura 21 – Confirmação das configurações.....	42
Figura 22 – Escala de avaliação de SUS.....	58



# Lista de Tabelas

Tabela 1 – SMPTE 2022-6 layer model (THE BROADCASTER’S GUIDE TO SMPTE 2022:, 2014).	12
Tabela 2 – “Saaty's Scale of Relative Importance” (Vargas, 2010) .....	25
Tabela 3 – Matriz de Importância.....	26
Tabela 4 – Vetor de prioridades .....	26
Tabela 5 – Matriz de comparação de Interoperabilidade .....	26
Tabela 6 – Matriz comparação de Flexibilidade .....	27
Tabela 7 – Matriz de comparação de Desempenho .....	27
Tabela 8 – Matriz de prioridade.....	28
Tabela 9 – Classificação dos protocolos .....	28
Tabela 10 – Questionário de Usabilidade .....	46





# Lista de Gráficos

Gráfico 1 – Primeiro grupo responde a “Acho que usaria o sistema frequentemente” .....	47
Gráfico 2 – Segundo grupo responde a “Acho que usaria o sistema frequentemente” .....	48
Gráfico 3 – Primeiro grupo responde a “Achei a solução desnecessariamente complexa” .....	48
Gráfico 4 – Segundo grupo responde a “Achei a solução desnecessariamente complexa” .....	49
Gráfico 5 – Primeiro grupo responde a “Considero que o produto final é fácil de usar” .....	49
Gráfico 6 – Segundo grupo responde a “Considero que o produto final é fácil de usar” .....	50
Gráfico 7 – Primeiro grupo responde a “Senti a necessidade de ter ajuda para o uso do sistema” .....	50
Gráfico 8 – Segundo grupo responde a “Senti a necessidade de ter ajuda para o uso do sistema” .....	51
Gráfico 9 – Primeiro grupo responde a “Achei que os vários aspetos do sistema estavam bem integrados” .....	51
Gráfico 10 – Segundo grupo responde a “Achei que os vários aspetos do sistema estavam bem integrados” .....	52
Gráfico 11 – Primeiro grupo responde a “Encontrei inconsistência no produto” .....	52
Gráfico 12 – Segundo grupo responde a “Encontrei inconsistência no produto” .....	53
Gráfico 13 – Primeiro grupo responde a “Considero que qualquer pessoa consegue aprender a usar o sistema facilmente” .....	53
Gráfico 14 – Segundo grupo responde a “Considero que qualquer pessoa consegue aprender a usar o sistema facilmente” .....	54
Gráfico 15 – Primeiro grupo responde a “Achei que o sistema era incómodo de ser usado” ...	54
Gráfico 16 – Segundo grupo responde a “Achei que o sistema era incómodo de ser usado” ...	55
Gráfico 17 – Primeiro grupo responde a “Senti-me confiante para usar este sistema” .....	55
Gráfico 18 – Segundo grupo responde a “Senti-me confiante para usar este sistema” .....	56
Gráfico 19 – Primeiro grupo responde a “Senti que é necessária uma aprendizagem para o uso do sistema” .....	56
Gráfico 20 – Segundo grupo responde a “Senti que é necessária uma aprendizagem para o uso do sistema” .....	57



# Lista de Código

Código 1 – Verificação de placa Matrox .....	38
Código 2 – Requisição de Surface .....	39
Código 3 – Processamento da Surface .....	40



# Acrónimos

<b>ANC</b>	<i>Ancillary Data</i>
<b>BNC</b>	<i>Bayonet Neill Concelman Connector</i>
<b>DVI</b>	<i>Digital Visual Interface</i>
<b>HBRMT</b>	<i>High bit rate media transport</i>
<b>HDMI</b>	<i>High-Definition Multimedia Interface</i>
<b>IP</b>	<i>Internet Protocol</i>
<b>ISEP</b>	<i>Instituto Superior de Engenharia do Porto</i>
<b>MEI</b>	<i>Mestrado em Engenharia Informática</i>
<b>NDI</b>	<i>Network Device Interface</i>
<b>PTP</b>	<i>Precision Time Protocol</i>
<b>RTP</b>	<i>Real-time Transport Protocol</i>
<b>SDI</b>	<i>Serial Digital interface</i>
<b>SUS</b>	<i>System Usability Scale</i>
<b>SDK</b>	<i>Software Development Kit</i>
<b>SMPTE</b>	<i>Society of Motion Picture and Television Engineers</i>
<b>ST</b>	<i>Standard</i>
<b>TCP</b>	<i>Transmission Control Protocol</i>
<b>UDP</b>	<i>User Datagram Protocol</i>



# 1 Introdução

*Neste primeiro capítulo é realizada uma curta contextualização do projeto em si, de maneira a facilitar a sua leitura. Para além disso será descrito o problema que esta dissertação visa resolver, os objetivos que demarcarão o seu sucesso e a metodologia a ser utilizada ao longo do projeto. Por último, será apresentada a estrutura do documento e seus capítulos assistidos por uma breve introdução.*

## 1.1 Enquadramento

Este projeto enquadra-se na unidade curricular dissertação do mestrado em Engenharia Informática, ramo de Sistemas Gráficos e Multimédia, realizado no ISEP (Instituto Superior de Engenharia do Porto).

A solução a formular será desenvolvida para a empresa Glookast, uma empresa de desenvolvimento de software, referência na indústria de *Broadcast*.

Tal como em todas as indústrias o sucesso passa sempre pela constante inovação e acolhimento de tecnologias com maior valor. Neste caso concreto, o futuro passará pela adoção em massa de infraestrutura e produtos com recurso a transmissão de vídeo por IP (*Internet Protocol*) em deterioramento da solução existente baseada em transmissão de vídeo banda base por SDI (*Serial Digital Interface*).

Mesmo não sendo uma tecnologia considerada recente, o processo de transição entre as duas tecnologias referidas em cima tem-se demonstrado lento e ainda muito longe da sua finalização. Isto deve-se maioritariamente ao risco de insucesso associado a uma atividade onde segundos com problemas na sua infraestrutura podem custar milhões às partes interessadas (Suard, 2019). Outras das razões para esta lentidão é a inexistência de um padrão capaz de responder aos mais variados requisitos e tendo uma elevada adesão pelos principais atores no mundo *Broadcast*. Isso mudou com o SMPTE (*Society of Motion Picture and Television Engineers*) ST (*Standard*) 2110 que foi desenvolvido para uma ampla interoperabilidade de ferramentas relacionadas a IP de fornecedores em todo o espectro (Goldman, 2018).



## **1.2 Problema**

Como referido anteriormente o futuro da indústria, onde a Glookast opera, passa pela transição de transmissão de vídeo com base em SDI para a transmissão de vídeo por IP. Sendo assim a empresa tem uma necessidade primária de desenvolver e integrar soluções com o recurso a estas novas tecnologias.

Apesar de já possuir no catálogo produtos que façam essa integração, mais precisamente na captura de sinal de vídeo transmitido por tecnologia IP, existe uma necessidade de aumentar e colmatar o leque de ofertas aos clientes com tais tecnologias, bem como uma análise da mesma para projetos futuros. Dentro dessas possíveis ofertas surge o suporte para a transmissão de vídeo recorrendo ao SMPTE ST 2110.

Em suma os problemas que esta dissertação vai tentar dar resposta são:

- Necessidade de suportar transmissão de vídeo baseada no standard IP SMPTE ST 2110;
- Necessidade de reformulação na facilidade de uso e configuração das soluções de captura de vídeo por IP existentes;
- Necessidade de análise do espectro de soluções e standards baseados em transmissão de vídeo por IP.

## **1.3 Objetivos e contributos esperados**

Como este projeto possui vários objetivos, que visam colmatar todos os problemas referidos anteriormente, no capítulo 1.2, existe também a necessidade de priorizar cada propósito descrito nesta dissertação. Segue-se uma identificação de cada um:

- Numa primeira fase, dada a importância de transição entre SDI e IP anteriormente referida, será necessária uma análise de ambas as tecnologias de modo a entender as suas diferenças bem como os motivos para a transição de uma para a outra. Sendo esta comparação frequente nesta área, será importante para incluir uma análise de valor neste documento;
- De seguida e dentro da tecnologia de transmissão de vídeo profissional por IP será necessário um estudo sobre os mais variados padrões desenvolvidos até aos dias de hoje. Assim como uma comparação entre eles, a importância que possuem hoje em dia na

indústria do *Broadcast* e a sua capacidade para ser integrada futuramente dentro da empresa;

- O principal objetivo deste projeto é o desenvolvimento e integração de uma solução de captura de vídeo em concordância com o padrão SMPTE ST 2110 nos produtos da empresa onde este projeto decorrerá. Sendo um dos seus pontos fulcrais a facilidade com que o sistema é configurado e a sua usabilidade em geral;
- Por último, documentar todo o processo e análise executada, de modo a descrever a metodologia mais adequada para facilitar o uso desta em projetos futuros.

## 1.4 Metodologia

Sendo o foco desta dissertação o desenho e o desenvolvimento de uma solução que possa ser integrada numa empresa, será necessariamente sujeito ao mais variado conjunto de testes para avaliar se os objetivos serão cumpridos e a sua inclusão no produto final seja possível. Sendo outro objetivo da dissertação uma análise tecnológica, esta também será ajuizada de acordo com a sua utilidade no futuro.

O desenvolvimento será realizado num formato iterativo e incremental de modo a garantir uma maior proximidade com a solução visionada pela empresa, bem como garantir que quaisquer alterações aos requisitos tenham o menor impacto possível.

Primeiramente será realizado um extenso levantamento de requisitos que mesmo sendo flexíveis a alterações deverão possibilitar o melhor começo ao desenvolvimento em si. De modo a tornar este processo o mais flexível possível será utilizado o processo de desenvolvimento de software ágil.

## 1.5 Análise de Valor

A análise de valor realizada será alusiva ao objetivo principal do presente trabalho que sendo este a implementação de uma solução de gravação de vídeo transmitido de acordo com o SMPTE ST 2110. Durante este estudo é demonstrado o potencial que este projeto traz para a empresa, tanto num curto como num longo espaço de tempo, bem como os benefícios que soluções como estas trazem para o *Broadcast* em geral. Para auxiliar esta análise serão usados

os modelos de *New Concept Development* e *Analytic Hierarchy Process* de modo a definir o valor, valor percebido e proposta de valor.

## 1.6 Estrutura do documento

A atual dissertação encontra-se separada, num primeiro nível, em três partes, introdução, corpo e conclusão. Num segundo nível apresenta 7 capítulos, sendo eles:

1. **Introdução** – Onde é realizada uma contextualização do problema que o projeto visa colmatar bem como os objetivos do mesmo. Serão também referenciados o processo de análise de valor realizado e a estrutura do presente documento;
2. **Contexto e Estado da Arte** – Onde o problema é contextualizado, é feito o estado da arte atual e também uma análise teórica das tecnologias usadas atualmente;
3. **Análise de valor** – Secção do documento onde é descrita a proposta de valor visada pelo projeto. Será apresentada a oportunidade que levou ao projeto e a cadeia de valor gerada pela mesma. É também realizada uma avaliação hierárquica (AHP) para determinação da solução que melhor se aplica aos critérios do projeto;
4. **Abordagens e Design da Solução** – Capítulo onde serão analisadas as soluções já desenvolvidas para o problema em questão bem como onde é desenhada a solução de acordo com requisitos do projeto e as decisões de tecnologia feitas;
5. **Construção da Solução** – Desenvolvimento da solução desenhada incluindo a descrição de todo o processo de implementação e evidências da mesma;
6. **Avaliação da Solução** – Nesta fase será avaliada a solução desenvolvida no capítulo anterior bem como definido o processo usado para tal;
7. **Conclusões e trabalho futuro** – Neste capítulo serão expostas as conclusões ao projeto e o seu sucesso na resposta aos problemas bem como o que fica por fazer.

O documento finaliza-se com as devidas referências bem com um conjunto de anexos relevantes. Desses anexos dá-se ênfase a um glossário para definições mais explícitas de certos termos bem como o questionário utilizado na avaliação do projeto.

## 2 Contexto e Estado da Arte

*Neste segundo capítulo serão explorados os conceitos tecnológicos abordados durante o projeto de forma a contextualizar o leitor sobre os mesmos. Serão analisadas soluções já existentes com o mesmo objetivo do projeto, de modo a realizar um estado da arte dando uma maior especificidade tecnológica aos requisitos do projeto.*

### 2.1 Captura profissional de vídeo

A captura profissional de vídeo é o suporte principal da gestão e difusão de conteúdos em vídeo profissional. Focando principalmente no contexto de televisão e produção profissional é mais comumente referida como *Video Ingest*.

Tal como o nome indica não é nada mais que a entrada ou a gravação de conteúdos vídeo no formato digital normalmente realizado num servidor com hardware específico para cada fluxo de trabalho. Estes podem ser variados, de discos rígidos a cassetes de vídeo bem como conteúdo na nuvem ou sinais IP (Ashford, 2015).

Apesar de a introdução de conteúdo ser a parte principal de um sistema de captura, um sistema mais profissional e colaborativo, sendo exemplo uma agência de televisão noticiosa, envolve mais passos como a inserção de metadados ou dar entrada num gestor de ativos disponível no mercado como o Editshare Flow representado na Figura 1. Esses passos são principalmente os seguintes:

- **Catálogo:** É o processo, preferencialmente automático, de adicionar os corretos metadados para os ativos do sistema. Isto assegura que processo de procura por um certo tipo de conteúdo seja o mais eficiente possível. Este processo é crucial em ambientes com grande índice de reuso de ativos mais antigos, como é o exemplo de programas noticiários;
- **Codificação:** É o passo realizado para transformar os ativos de vídeo existente no sistema. Este processo pode conter várias alterações como por exemplo, a codificação noutra *codec* para um fluxo de trabalho específico ou a criação de um *streaming* de pré-visualização, a

mudança para uma resolução ou taxa de quadros para um certo projeto ou até mesmo a criação de uma ou várias cópias de segurança;

- **Indexação:** É o processo de organizar cada clipe de uma maneira lógica e automática de forma que o processo posterior de o procurar seja o mais rápido e eficiente possível;
- **Vinculação:** É o processo que permite a interligação entre ativos de um sistema de produção de maneira a tornar mais fácil encontrar um ativo que esteja interligado a outro. As interligações mais frequentes são entre um ou vários clipes de vídeo e os seus metadados de maneira a tornar possível uma procura pelos mesmos. Outra das vinculações possíveis é a existente entre dois clipes de vídeos com resoluções e/ou amostragens diferentes, um para edição e outro para renderização final (Celebro, 2019).

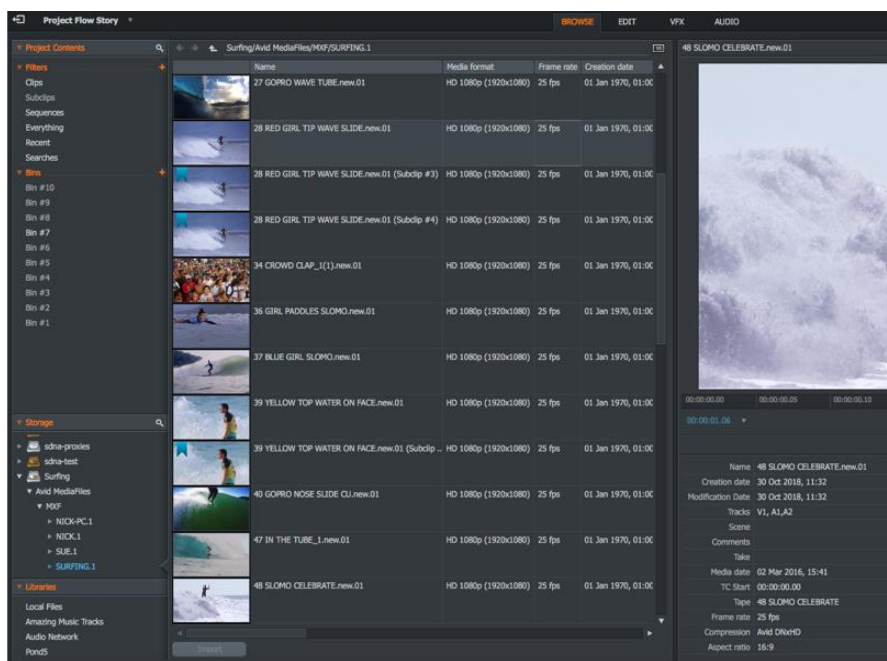


Figura 1 – Editshare Flow (EDITSHARE FLOW & ARCHIWARE P5 ARCHIVE, s.d.)

### 2.1.1 Captura profissional de vídeo por SDI

Um dos exemplos de captura profissional é a ingestão de vídeo em formato descomprimido, transportado por cabo coaxial de SDI.

SDI é uma família de interfaces de vídeo que começou a ser utilizada em ambientes televisivos durante a década de 90, após a sua standardização pela SMPTE em 1989 que permitiu a substituição dos padrões analógicos por padrões digitais.

Dentro da família de interfaces, a principal diferença entre os elementos é a taxa de bits que cada um permite, o que é correlatado para a resolução máxima é possível transmitir.

Os principais padrões ou elementos da família SDI são:

- **SD-SDI (SMPTE 259M):** Surgiu em 1989, suporta resoluções máximas de NTSC ou PAL a uma taxa de 25 quadros por segundo interlaçados. Isto equivale a uma taxa de bits máxima de 360Mbit/s;
- **ED-SDI (SMPTE 344M):** Introduzido em 2000, suporta resoluções as mesmas resoluções do anterior, mas a taxas de quadros progressivas. Isto equivale a uma taxa de bits máxima de 540Mbit/s;
- **HD-SDI (SMPTE 292M):** Apareceu em 1998 com as resoluções de vídeo HD (720p e 1080i). Suporta uma taxa de bits máxima de cerca de 1.5Gbits/s;
- **Dual Link HD-SDI (SMPTE 372M):** Chegou em 2002 com as resoluções até 1080p usando dois cabos ao mesmo. Suporta uma taxa de bits máxima de cerca de 3Gbits/s;
- **3G-SDI (SMPTE 424M, 424M:2012):** Introduzido em 2006 é similar ao Dual Link HD-SDI reduzindo a necessidade do uso de dois cabos;
- **6G-SDI (SMPTE ST-2081):** Introduzido em 2015 permite resoluções até 2160p a 30 *frames* por segundo num único cabo o que corresponde, como o nome indica, a 6Gbits/s;
- **12G-SDI (SMPTE ST-2082):** Aparece em 2015, mas é revisado em 2018 para o suporte a entrada de vídeo com *High Dynamic Range* (HDR). Conseguir uma resolução de 4K a 60 quadros por segundo num só cabo, o que corresponde a 12Gbit/s. Dois cabos podem ser interligados para transmitir um sinal até 8K a 30 *frames* por segundo;
- **24G-SDI:** Ainda em desenvolvimento, deverá suportar resoluções até 8K, a uma taxa de 120 quadros por segundo perfazendo os 24Gbits/s que formam o nome do padrão (Aleksandersen, WHAT IS SDI?, 2018).

Quando comparado com outros padrões como o DVI (*Digital Visual Interface*) ou HDMI (*High-Definition Multimedia Interface*) existem várias vantagens o tornam benéfico num sistema de produção profissional.

### **Alcance do sinal**

Dependendo da largura de banda usada, os cabos de SDI conseguem ter um alcance de cerca de 300 metros, caso seja acoplado a um conversor de Fibra Ótica este alcance pode ser aumentado para os 10km. Em jeito de comparação, um cabo de HDMI só tem um alcance de 10m antes de precisar de amplificação.

### **Segurança**

Por um lado, a segurança oferecida pelos conectores BNC (*Bayonet Neill Concelman Connector*) tradicionalmente usados nos cabos que tornam muito mais difícil a sua desconexão. Por outro lado, como é uma tecnologia de transmissão ponto a ponto, que não permite a distribuição de sinal até a que seja propositalmente conectada a um router ou *Distribution Amplifier*.

### **SMPTE Timecode**

SDI suporta também a transmissão de Timecode, ou seja, cada *frame* de vídeo tem um código único associado a ele de acordo com o padrão da SMPTE. Isto torna processo de pós-produção (edição ou sincronização com áudio) mais fácil e com uma precisão ao quadro.

### **Latência**

Sendo transportada através de cabo coaxial, a imagem é obtida sem nenhuma latência entre o ponto de início de transmissão e o seu destino.

### **ANC Data**

Mais conhecida como dados auxiliares, ANC (*Ancillary Data*) é a forma como informação que não é vídeo pode ser embutida no sinal de SDI. O exemplo mais comum desta informação é a transmissão de metadados.

### **Custo**

Quando comparado com outros padrões a produção, o cabo coaxial usado é mais barato de produzir (Explore Our 12G Solutions, s.d.).



Figura 2 – Cabo SDI

### 2.1.2 Captura profissional de vídeo por IP

Tal como a captura de vídeo utilizando SDI, a por IP é uma das formas mais comuns de fazer a ingestão de vídeo profissional. Em vez de se basear no padrão de SDI este baseia-se na transmissão de dados via *Internet Protocol (IP)*.

Este protocolo define um conjunto de regras para o correto roteamento e endereçar de pacotes de dados de modo que estes possam viajar pela rede da forma mais correta e eficiente possível entre a sua origem e os seus destinos. Estes dois pontos normalmente são identificados pelo endereço IP que é fornecido a cada dispositivo aquando da sua conexão a uma rede (What is the Internet Protocol?, s.d.).

O protocolo de Internet contém principalmente quatro camadas, sendo elas *Application Layer*, *Transport Layer*, *Networking Layer* e *Datalink Layer*. Para a captura profissional de vídeo as camadas mais importantes são a camada de Transporte e camada de Aplicação (Steve, 2019). Estas camadas são responsáveis pela comunicação entre dois dispositivos e pela maneira como é feita a troca de dados entre eles. Os protocolos de TCP (*Transmission Control Protocol*) e UDP (*User Datagram Protocol*) são os protocolos mais comuns e vastamente usados nos padrões e tecnologias de captura de vídeo por IP.

Os dois protocolos que permitiram os maiores avanços na transmissão de vídeo e permitiram o maior uso foram RTP (*Real-time Transport Protocol*) e PTP (*Precision Time Protocol*). O primeiro é um protocolo de transporte de dados críticos por IP que usa pacotes UDP. Existindo um *timestamp* em cada *packet* é possível ter várias *streams* de dados e mudar entre elas com rapidez. O segundo protocolo é o PTP que permite a sincronização dos dados de chegada mesmo a infraestrutura em si não ser síncrona.



Durante a transferência de vídeo os dados são divididos por *packets* e enviados através da rede (How Video Over IP Works, s.d.). Aquando da sua chegada ao destino os dados são alinhados e sincronizados usando o maioritariamente o sistema de PTP.

Nas versões mais recentes deste protocolo é introduzido um relógio de grande mestre em conjunto com uma combinação de relógios comuns que são componentes ativos dentro dos *switches* de IP. Como demonstrado na Figura 3, este relógio mestre envia o PTP para a rede que depois é propagado para a sua topologia equivalendo-se assim a mestre gerador de sincronismo, elemento essencial na transmissão de vídeo (Olson, 2018).

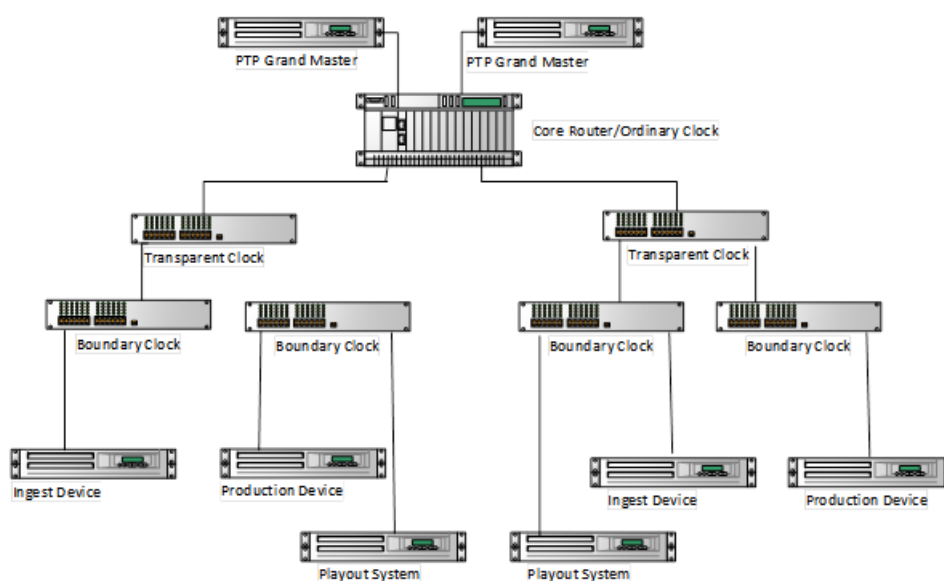


Figura 3 – Relógios PTP

### 2.1.2.1 Padrões ou tecnologias de captura por IP

Ao longo do tempo foram desenvolvidos padrões e tecnologias que definem qual deve ser o fluxo para transmitir vídeo ao longo de uma rede de IP. As principais tecnologias são expostas nos próximos subcapítulos.

### 2.1.2.2 NDI

*Network Device Interface* (NDI) é um protocolo gratuito para a transmissão de vídeo desenvolvido pela Newtek e introduzido em 2015. Foi desenvolvido com o intuito de reduzir os custos e a necessidades de hardware específico das tecnologias desenvolvidas até então.

Esta tecnologia consegue a sua facilidade de uso através do uso de mecanismos de descoberta de dispositivos de rede como é o caso do *mDNS*, permitindo aliás encontrar fontes de sinal em

*subnets* diferentes. Por outro lado, as fontes são criadas usando uma porta TCP, normalmente a porta 5961, com mais portas sendo disponibilizadas de acordo com quantas *streams* são disponibilizadas no sistema (Aleksandersen, WHAT IS NDI® (NETWORK DEVICE INTERFACE)?, 2017). O transporte da informação fica a cargo dos protocolos TCP ou UDP.

Quanto aos dados transmitidos estes são vídeos comprimidos de formas diferentes de acordo com a versão de NDI a ser usada, sendo elas:

- **NDI:** Primeira versão a ser desenvolvida e distribuída gratuitamente, usa uma codificação proprietária e desenvolvida pela Newtek que junta performance (1920x1080 a 250 quadros por segundo num único núcleo de CPU) com excelente qualidade. Isto reflete-se numa largura de banda usada de cerca de 100Mbit/s (NDI Encoding/Decoding, s.d.);
- **NDI HX:** Versão desenvolvida para ser utilizada com câmaras *Pan-tilt-zoom*, tem como base o *codec* usado no NDI, mas também na capacidade de codificação em H.264 por hardware presentes nestas câmaras. Os resultados produzidos apresentam uma imagem de inferior qualidade, mas ganham uma redução abrupta na largura de banda utilizada, passando a usar cerca de 20Mbit/s. Esta versão é ideal para o uso através de redes sem fios (What is NDI|HX2? NDI/NDI|HX/NDI|HX2 difference, s.d.);
- **NDI HX2:** Esta versão da tecnologia uma evolução do NDI HX, mas ao contrário do antecessor foi desenvolvido para ser nativamente NDI. Tem capacidade para usar codificação em H.264, mas também em H.265, resultando numa qualidade comparável com aquela do NDI normal com o benefício de uma largura de banda usada de cerca de 50Mbits/s. (Gilbert, s.d.).

### 2.1.2.3 SMPTE ST 2022-2 e SMPTE ST 2022-6

SMPTE ST 2022 é um padrão desenvolvido pela SMPTE para descrever como é feito o transporte de vídeo dentro de uma rede IP, sendo um dos primeiro a ganhar uma adoção mais generalizada por parte da indústria do Broadcast permitindo um maior uso de tecnologia.

Quanto à norma em si, este contém várias partes sendo que cada uma visa responder a um problema diferente e específico dentro da categoria. As primeiras partes foram introduzidas em 2007 com um foco mais objetivo no transporte de vídeo comprimido no formato de MPEG-2 *transport streams*. Estas partes foram ST 2022-1:2007 - *Forward Error Correction for Real-Time Video/Audio Transport Over IP Networks* e ST 2022-2:2007 - *Unidirectional Transport of Constant Bit Rate MPEG-2 Transport Streams on IP Networks* (SMPTE ST 2022-2, s.d.).

Um dos mais relevante para este projeto é a segunda parte, nesta é especificado como a essência de vídeo é comprimida em *MPEG-2 transport streams* com taxa de bits constante (CBR) e depois dividida em *packets* de IP. Para além disso é também especificado como é feito o transporte usando para os protocolos RTP ou UDP bem como especificações sobre a sincronização de *packets* aquando da sua chegada ao destino.

Outra das partes mais relevantes do padrão 2022 foi a introdução da sexta parte, denominada ST 2022-6:2012 - *Transport of High Bit Rate Media Signals over IP Networks* (HBRMT) que foi introduzida em 2012. Esta parte define como deve ser feito o transporte de sinal com uma amostragem elevada (3Gbits/s), neste caso mapear um sinal SDI para IP (Laabs, 2012). Este padrão usa como fundação o protocolo RTP devido ao seu extenso uso e suporte em redes IP. Ao RTP foi desenvolvido um novo padrão para o transporte de vídeo com alta densidade de bits, mais conhecido por *High bit rate media transport*. HBRMT é capaz de encapsular tanto essência descomprimida (*SDI payload*) como vídeo comprimido usando os padrões de JPEG 2000. Seguindo o SMPTE ST 2022-6, cada pacote de IP tem 1376 Bytes de dados de SDI, sendo que cada quadro de vídeo é *zero-padded* de maneira a ficar *packet-aligned*. O formato usado neste standard é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – SMPTE 2022-6 layer model (THE BROADCASTER’S GUIDE TO SMPTE 2022:, 2014)

Layer	Abbreviation	Full name	Standard	Length
Application	SDI (payload)	Serial Digital Interface	SMPTE 259M, 292M, 424M	1376
	HBRMT	High Bitrate Media Transport	SMPTE 2022-6	8-16 <sup>a</sup>
	RTP	Real-Time Transport Protocol	RFC 3550	12 <sup>a</sup>
Transport	UDP	User Datagram Protocol	RFC 768	8
Internet	IP	Internet Protocol (v4/v6)	RFC 791 / RFC 2460	20/40 <sup>a</sup>
Link	MAC	Media Access Control (e.g. Ethernet)	IEEE 802.3	42

a. Plus optional fields

#### 2.1.2.4 SMPTE ST 2110

“SMPTE ST 2110 *Professional Media Over Managed IP Networks*” é um conjunto de padrões desenvolvido pela SMPTE com o objetivo de definir e torna um protocolo de transporte de vídeo por IP de modo que este se torne comum em toda a área profissional de media.

Este se encontra dividido em 6 principais partes, sendo elas:

- ST 2110-10 - *System Timing & Definitions*;
- ST 2110-20 - *Uncompressed Active Video*;
- ST 2110-21 - *Traffic Shaping and Delivery Timing for Uncompressed Active Video*;
- ST 2110-30 - *PCM Digital Audio*;
- ST 2110-31 - *AES3 Transparent Transport*;
- ST 2110-40 - *Transport of SMPTE Ancillary Data*.

A parte central deste standard é o transporte de vídeo numa rede IP, a novidade em SMPTE ST 2110 é a separação de áudio, vídeo e dados auxiliares em *streams* completamente distintas, aumentando assim a flexibilidade do transporte de dados. Este facto permite que não exista a necessidade de decomposição do *stream* quando é simplesmente necessário um dos elementos dela, aplicações como um monitor de sinal áudio. Existe também a possibilidade de retrocompatibilidade com 2022-6, descrito anteriormente e cuja comparação com 2110 é feita na figura abaixo.

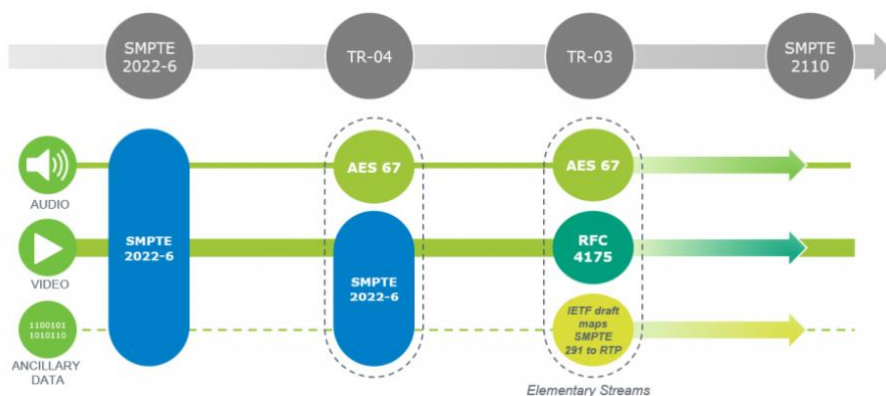


Figura 4 – SMPTE 2110 vs SMPTE 2022-6

Quanto à essência em si que é transportada podemos distinguir em três partes, o vídeo, o áudio e os dados auxiliares que são transmitidos. Todos estes constituintes encontram-se na Figura 5.

O vídeo transportado é essencialmente vídeo descomprimido, sendo que em comparação com SDI só é transmitida a parte ativa da imagem, ou seja, os pixels que ela usa. Isto leva a cerca de uma redução de largura de banda usada na casa dos 15-30% quando comparada com soluções anteriores. O limite atual para as resoluções suportadas é de 32K x 32K, existindo ainda o suporte para vários tipos de espaços de cores utilizados e suporte a *High Dynamic Range*.

Quanto ao áudio este segue as especificações de AES67, mais concretamente áudio descomprimido a uma taxa de 48kHz (PCM). Quanto a canais podem ser transmitidos 8 simultaneamente com amostragens entre os 16 e os 24 bits. No que toca a dados auxiliares é simplesmente descrito uma maneira genérica de encapsular estes dados de forma a estes serem transportados independente, mas contendo informação para o seu sincronismo com o áudio e vídeo (What is SMPTE 2110 and NMOS all about?, 2019).

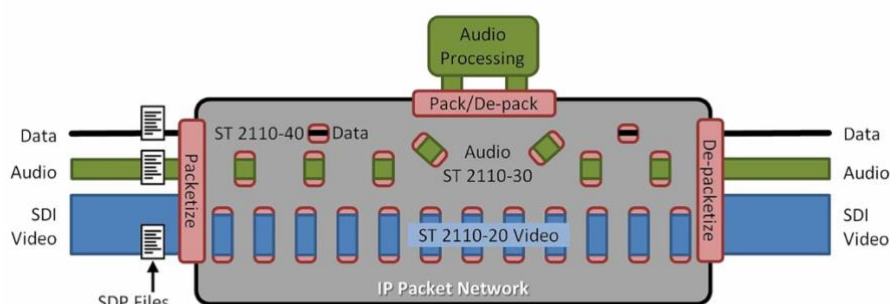


Figura 5 – “Updated ST 2110 Diagram” (Simpson, Updated ST 2110 Diagram, 2020)

### 2.1.3 Casos de estudo

Apesar de já haver vários casos de empresas na indústria da televisão que fizeram migração de SDI para IP é extremamente relevante, para este projeto, a análise de um caso em concreto.

O caso em si é o lançamento de um Centro de Produção em IP por parte da SIC, primeiro canal privado português, que pertence ao grupo Impresa. Em 27 Janeiro de 2019 as novas instalações da SIC baseadas em SMPTE ST 2110 foram para o ar, estando a cargo do canal noticiário 24h que a empresa possui. O investimento feito esteve acima dos 10 milhões de euros e contou com parceiros tecnológicos de renome como a Sony, Telefónica Audiovisual Services, Vantec e Cisco que permitiram um grande salto tecnológico de passar de SDI em resolução SD (480) para uma resolução 1080p.

Quanto a detalhes mais técnicos, o sistema suporta SMPTE ST 2110 bem como SMPTE ST 2022-7 de maneira a possuir sistema de redundância. Nas palavras do diretor técnico, José Lopes, "Enquanto o padrão SMPTE 2110 é muito importante, ainda mais é o 2022-7. Esse é o mais crítico. Ninguém deve optar por mudar para o IP se a redundância com streaming simultâneo

em duas redes não for totalmente garantida.” O sistema é também capaz de suportar mais 3000 streams em simultâneo utilizando para tal redes com velocidades de cerca de 100Gbits/s.

Mais que uma solução para o presente este projeto foi tomado como uma solução para o futuro. Devido à sua escalabilidade e flexibilidade a mudança feita poupará recursos no futuro, ao mesmo tempo terá a capacidade progredir tecnologicamente. Um exemplo destes será a facilidade com que passará de 1080 para resoluções 4K. (lançamentos SIC IP maior centro de produção na Europa SMPTE 2110, 2019).



Figura 6 – Centro de Produções SIC



## 3 Análise de Valor

*Neste terceiro capítulo, é apresentado uma análise de valor à solução para o problema descrito inicialmente, assim como uma alusão aos modelos teóricos que a sustentam.*

### 3.1 Descrição

A análise de valor é o processo sistemático de avaliação da capacidade de um certo produto ou serviço de atingir os requisitos do seu cliente. Para a percepção dos requisitos é também necessário perceber a finalidade que o produto tem, esta análise é levada a cabo pela gestão de uma organização e deve ser planeada para a obtenção dos resultados mais benéficos.

O principal objetivo é aumentar o valor produzido através de um produto ou serviço, buscando ineficiências em todos os processos, mas não subjugando a qualidade final. Este objetivo pode ser alcançado através de processos de inovação já conhecidos e que permitem a redução de possíveis riscos económicos associados a decisões menos bem conseguidos.

Tal como apresentado na Figura 7, o processo de inovação apresenta 3 fases:

- **Fuzzy Front End:** marcada pela imprecisão, tanto a nível de recursos económicos e de comercialização bem como na experimentação caótica que leva à geração de ideias;
- **New Product Development:** marcada pela disciplina e certeza, todo o processo é planeado, os recursos económicos acautelados e os objetivos bem definidos;
- **Commercialization:** marcada pela venda e distribuição do produto.

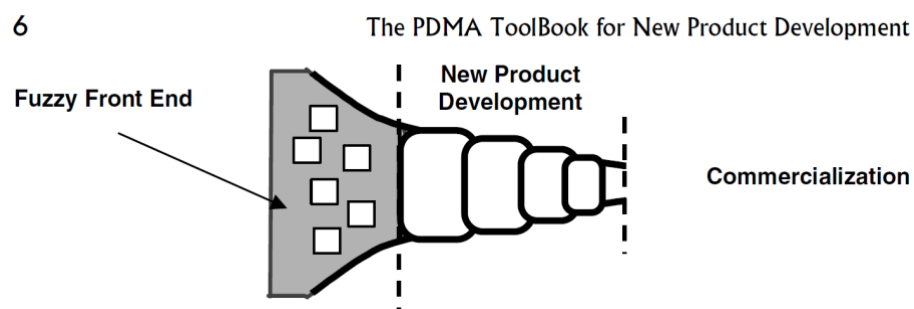


Figura 7 – Processo de Inovação (A.Koen, et al., 2002)



Esta dissertação irá usar do modelo *New Concept Development* para fundamentar a sua Análise de Valor.

## 3.2 New Concept Development

O modelo *New Concept Development* (NCD), desenvolvido por Koen, visa diferenciar todas as partes alusivas a um processo de inovação como apresentado na Figura 8. Este processo poderá começar pela geração de uma ideia ou pela identificação de uma oportunidade e acabará na definição do conceito. A definição do conceito permitirá as fases de *New Product Development* (NPD) ou *Technology Stage Gate* (TSG). A forma circular do modelo é alusiva à necessidade de transmissão de informação entre todos os elementos.

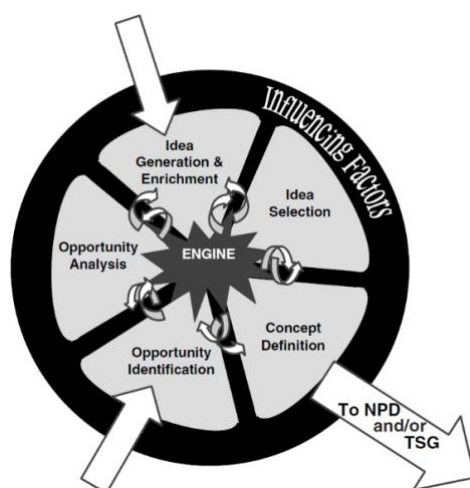


Figura 8 – Modelo NCD (A.Koen, et al., 2002)

### 3.2.1 Engine

O *engine* representa a liderança estratégica do negócio e é responsável por haver a maior fluidez entres todos os elementos do modelo.

### 3.2.2 Elementos do NCD

Para além do Engine, o modelo NCD contém 5 elementos sendo eles a Identificação da Oportunidade, a Análise da Oportunidade, a Geração de Ideias, a Seleção de Ideias e a Definição do conceito.

### 3.2.2.1 Identificação da Oportunidade

O mercado do *Broadcast* é conhecido pela sua resistência à mudança, devido à sua necessidade de soluções com resultados comprovados e com estabilidade elevada para serem utilizados, assim como o elevado investimento monetário inerente ao mesmo. Quando estas mudanças acontecem demoram anos a ser analisadas, testadas e implementadas. Uma das provas destas assunções é a própria transição de SDI para IP. Já em 2015, numa sondagem levada pela TVBEurope durante a feira internacional NAB, os inquiridos responderam que a transição para IP era a tendência que mais mudanças profundas traria à indústria. Como se pode ver pela Figura 9, esta opção ficou muito acima de opções como a transição para nuvem ou mesmo a mudança para resoluções 4K.

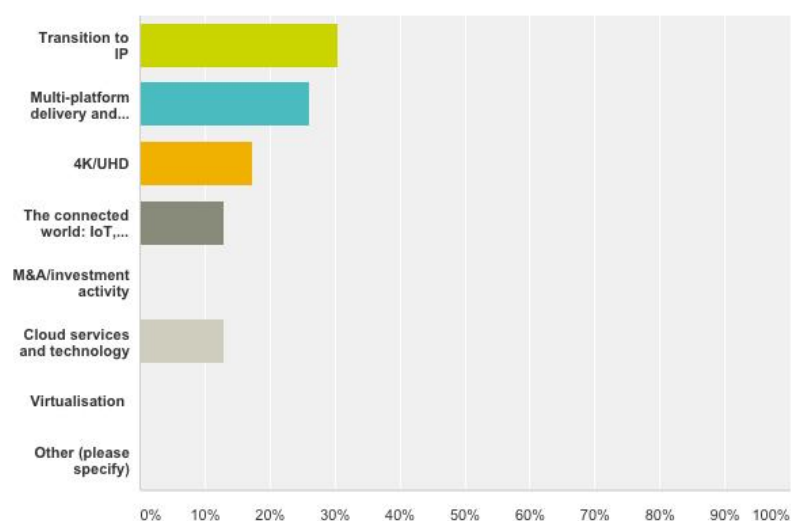


Figura 9 – “What trend are currently driving the most profound changes in the industry”  
(Ashford, 2015)

Passado mais de meia década e centenas de instalações de sistemas baseados em IP depois, a transição para IP continua a ser um dos focos principais da indústria. Ainda mais favorecido pelo desenvolvimento de novos padrões de transmissão como o SMPTE ST 2110 e pelos próprios avanços no uso de tecnologia de IP. Num relatório levado a cabo pela Haivision em 2020 foi descoberto que a maioria dos inquiridos puseram a transição para o mundo IP como a sua principal prioridade. Esta necessidade é aumentada pela necessidade para ter fluxos de trabalho baseados na nuvem. Dos questionados, apenas 15% possui já fluxos baseados em IP e

a Nuvem e foi também revelado que boa parte dos membros da indústria do *Broadcast* assume o uso de 5G como a próxima grande inovação.

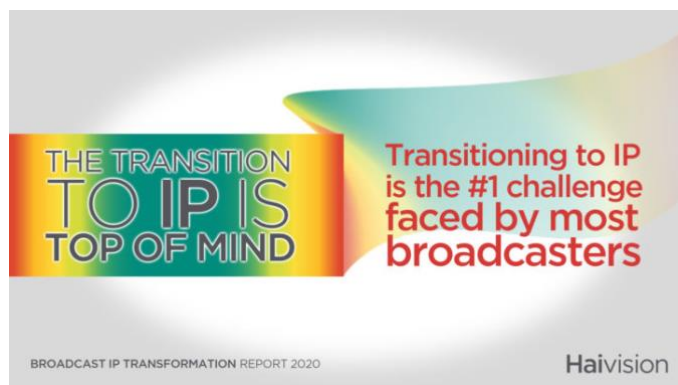


Figura 10 – “The transition to IP is top of mind” (Fresh insights into the state of IP and Cloud adoption in the broadcast industry, 2020)

Com esta latente necessidade nos clientes da empresa onde este projeto se enquadra advém a oportunidade para o desenvolvimento da solução desta dissertação. Esta visa exatamente colmatar a necessidade de implementação de captura de vídeo por IP utilizando as tecnologias mais recentes no mercado.

### 3.2.2.2 Análise da Oportunidade

Para suportar o projeto foram analisados os dados e relatórios de mercado, apresentados anteriormente, nomeadamente a necessidade da transição para o mundo de IP pelas partes interessada na indústria.

Esses dados revelam que existe um carecimento de soluções de captura de vídeo por IP e como tal a oportunidade é viável podendo assim avançar com a ideia de forma a recolher mais informações sobre a melhor tecnologia a ser utilizada. Esse estudo será realizado na atual dissertação.

### 3.2.2.3 Geração de Ideias

Depois da análise da oportunidade feita anteriormente e o problema aderente foram geradas ideias de como este problema pode ser colmatado. Essas ideias têm como principal foco a construção de um sistema capaz de capturar vídeo por IP.

Para o desenvolvimento dessa plataforma será necessária uma avaliação dos diferentes protocolos já desenvolvidos de modo a selecionar o que melhor se enquadrará. Todas estas avaliações serão demonstradas no presente documento.

#### **3.2.2.4 Seleção de Ideias**

A possibilidade de execução da solução considerada neste projeto será determinada pela seleção de uma ideia que atingirá todos os requisitos e que ofereça o maior valor. Esta seleção terá como fundamentos a avaliação de ideias referida anteriormente onde serão vários protocolos de transmissão de vídeo baseados no protocolo de rede IP.

#### **3.2.2.5 Definição do conceito**

A solução a ser desenvolvida consiste na criação de uma plataforma para a captura profissional de vídeo que suporte as tecnologias IP mais utilizadas pelo mercado e que traga o maior valor para a empresa. A solução a desenvolver deve também ter como foco a facilidade de uso bem como a sua eficiência e a sua necessidade para ser integrada nas soluções e produtos já desenvolvidos pela empresa.

### **3.3 Valor, Valor Percecionado e Valor para o Cliente**

#### **3.3.1 Valor**

Todo o negócio precisa de conseguir a criação de valor para os seus clientes quando eles adquirem os seus produtos/serviços. Neste projeto os clientes são essencialmente as entidades que têm necessidade de uma solução de captura de vídeo profissional, sendo as cadeias de televisão um dos principais membros. O valor que este projeto terá para os mesmos parte tem como base os benefícios de uma transição de sistemas baseados em SDI e baseados em IP.

Apesar do custo da mudança de uma infraestrutura de televisão baseada em SDI para uma baseada em IP possa ser elevado, considerando um curto prazo de tempo, este mesmo pode reduzir os custos num espaço de tempo maior. Antes mesmo de ser usada uma fundação totalmente baseada em IP esta mesmo pode ter uma base híbrida, havendo a conversão entre os dois tipos de sinais. Com isto reduz-se os custos a curto espaço e aumenta o tempo para a transição (Gallier, 2020).

Os principais benefícios de um núcleo em IP são:

- **Data center mais simplificado**

Utilizando redes IP é permitido que vários locais dentro das mesmas instalações possam recorrer simultaneamente ao mesmo sinal de vídeo, como por exemplo um estúdio e a sala de servidores podem receber o sinal ao mesmo tempo. Isto permite o uso comum de vários componentes e a eliminação de outros como por exemplos o número de *switches* de sinal SDI. Esta simplificação torna possível o recurso a *data center* na nuvem.

- **Ubiquidade**

Outra das vantagens é a disponibilidade das redes IP em todo o mundo. Elas encontram-se disponíveis em todo lado, desde o nosso bolso à Estação Espacial Internacional. Isto permite que os conteúdos possam ser transmitidos de pontos longínquos com relativa facilidade e qualidade.

- **Flexibilidade de transmissão**

Ao contrário SDI a transmissão é bidirecional, ou seja, utilizando a mesma infraestrutura um sinal pode ser enviado de um dispositivo para o outro e vice-versa, sem a necessidade de mexer em cabos e similares. Outro dos fatores para esta flexibilidade presente em SMPTE ST 2110 é a possibilidade de ter fluxos de dados separados entre elementos (áudio, vídeo e dados auxiliares). Isto permite que cada dispositivo só use os dados que ele necessita, por exemplo um servidor precisa dos dados todos enquanto um dispositivo gráfico só precisa de parte. Caso SDI fosse usada teria de ser feito o desincorporar dos dados.

- **Tecnologia utilizada**

Com a utilização em massa de equipamento da área do IT ou redes IP mais generalizado abrem-se as portas à entrada de novos fornecedores na indústria. Com isto o preço da infraestrutura torna-se mais reduzido bem com a quantidade de recursos humanos capazes de o gerir. Pode também levar a uma maior inovação tecnológica que reduzirá custos a longo prazo e aumentará a capacidade de largura de banda bem como a qualidade de produtos oferecidos (Simpson, What SMPTE-2110 Means for Broadcasters, 2017).

### 3.3.2 Valor percebido para o cliente

O valor percebido para o cliente com uma solução como a apresentada é grande. Com a seleção da mesma poderá tomar partido dos benefícios imediatos da utilização de sistemas IP enumerados no ponto anterior bem como garantir uma redução de custos no futuro.

Graças à integração da solução em produtos já estabelecidos no mercado, o cliente terá como valor percebido a facilidade/familiaridade de uso da plataforma, a customização que ela permite e a qualidade demonstrada aos longos dos anos.

### 3.4 Proposta de Valor do projeto

A solução desta dissertação visa o solucionamento do problema descrito em 1.2, procurando desenvolver uma aplicação de captura de vídeo que beneficie do uso do protocolo de redes IP.

As propostas de valor a retirar deste projeto são diversas, as principais são expostas na Figura 11. Por um lado, a empresa onde ele se insere bem como os desenvolvedores associados ao mesmo ganharão expertise numa área de extrema importância no mercado atual e com grande procura. Por outro lado, os clientes e atores da indústria do *Broadcast* ganharão outra solução possível para colmatar a sua necessidade de uma infraestrutura apenas baseada em IP que traz consigo um grande valor económico.



Figura 11 – Proposta de valor CANVAS

### 3.5 Rede de Valor

A rede de valor resulta de uma série de relações complexas desenvolvidas por uma certa organização de modo a satisfazer os seus clientes e poder gerar valor para o mesmo. Estas

conexões podem estar ligadas aos parceiros tecnológicos, aos serviços prestados, a venda até a distribuição para o cliente.

Nesta dissertação em concreto, tratando-se de uma tecnologia ainda recente na empresa, a cadeia de valor passará pela aprendizagem da mesma entre os vários setores da empresa. Na parte de desenvolvimento terá de ser feita a aprendizagem da tecnologia e o desenvolvimento de uma solução que tenha como base esta tecnologia. Do lado da qualidade e do suporte estes terão de ser disciplinados para a integração do produto na infraestrutura do cliente e na própria da empresa. Por fim, no setor de vendas terá de ser feita uma análise dos benefícios que a nossa solução proporcionará para o cliente de modo a conseguir a venda.

Durante esta rede de valor será proporcionado a mais fluida partilha de valores e conhecimentos entre os vários integrantes da mesma.

### 3.6 Análise Hierárquica

Método de Análise Hierárquica (*AHP-Analytic Hierarchy Process*) é um método para tomar Decisões Multicritério Discretas criado por Thomas L. Saaty em 1980.

Este método de análise utiliza vários critérios, qualitativos e quantitativos, para o melhor processo de avaliação e de forma a dividir o problema em níveis hierárquicos. Depois de cuidadosamente selecionar estes critérios será realizado a avaliação da melhor alternativa dentro das apresentadas anteriormente. Esta decisão será suportada pelos cálculos aderentes ao método AHP. A figura abaixo ilustra uma análise com o método AHP.

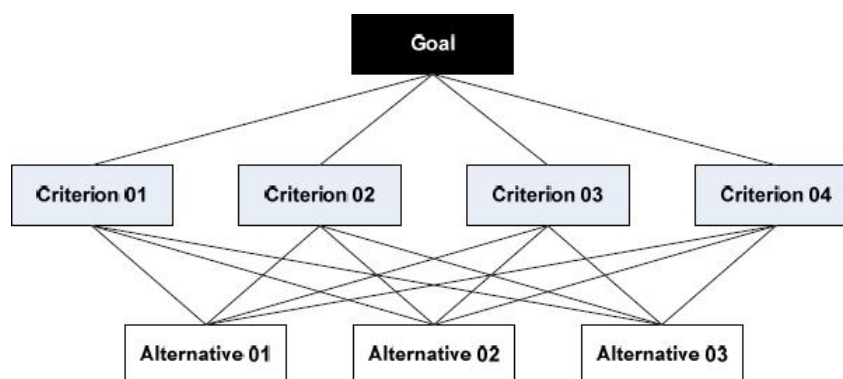


Figura 12 – “Example of a Hierarchy of Criteria/Objectives” (Vargas, 2010)

A presente análise, pelo método AHP, será feita de acordo um conjunto critérios de forma a distinguir o protocolo a ser escolhido. Os critérios escolhidos:

- **Interoperabilidade;**
- **Flexibilidade;**
- **Desempenho.**

Os critérios são quantificados seguindo uma tabela desenvolvida por Saaty, nesta tabela é especificada uma escala de valores que determinam a importância relacional entre critérios. Esta tabela é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 – “Saaty's Scale of Relative Importance” (Vargas, 2010)

Scale	Numerical Rating	Reciprocal
<b>Extremely Preferred</b>	<b>9</b>	<b>1/9</b>
Very strong to extremely	8	1/8
<b>Very strongly preferred</b>	<b>7</b>	<b>1/7</b>
Strongly to very strongly	6	1/6
<b>Strongly preferred</b>	<b>5</b>	<b>1/5</b>
Moderately to strongly	4	1/4
<b>Moderately preferred</b>	<b>3</b>	<b>1/3</b>
Equally to moderately	2	1/2
<b>Equally preferred</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

Tomando em consideração a escala referida acima definiu-se a importância de cada critério, dessa forma atribui-se a maior importância ao critério de Interoperabilidade. Interoperabilidade será, portanto, 3 vezes mais importante que a Flexibilidade e 9 vezes mais importante que o Desempenho.

Com estes dados constrói-se então a matriz de importância com os critérios decididos anteriormente, como demonstrado na tabela seguinte.



Tabela 3 – Matriz de Importância

	<b>I</b>	<b>F</b>	<b>D</b>
<b>I</b>	1	3	9
<b>F</b>	1/3	1	3
<b>D</b>	1/9	1/3	1

Depois de se obter a matriz de importância foi calculado o vetor de prioridades, como demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4 – Vetor de prioridades

<b>I</b>	0.69
<b>F</b>	0.23
<b>D</b>	0.08

Com estes dados, assume-se que o critério da Interoperabilidade é o mais importante com cerca de 69% de prioridade. Nos restantes, o critério da Flexibilidade apresenta uma prioridade de cerca de 23% e o critério do Desempenho com 8%.

### 3.6.1 Interoperabilidade

Tal como indicado na Tabela 5, é possível determinar que se queremos a solução com mais Interoperabilidade a escolha passará pela adoção do protocolo SMPTE ST 2110. Um dos focos principais no desenvolvimento deste padrão foi exatamente este critério que possibilita a comunicação entre aparelhos provenientes de diferentes fabricantes.

Tabela 5 – Matriz de comparação de Interoperabilidade

	<b>NDI</b>	<b>SMPTE 2022-2</b>	<b>SMPTE 2022-6</b>	<b>SMPTE 2110</b>	<b>Vetor Prioridade</b>
<b>NDI</b>	1	2	3	½	0.26
<b>SMPTE 2022-2</b>	½	1	2	¼	0.14
<b>SMPTE 2022-6</b>	1/3	½	1	1/6	0.08
<b>SMPTE 2110</b>	2	4	6	1	0.52

### 3.6.2 Flexibilidade

Quanto ao critério da flexibilidade, apresentado na tabela seguinte, podemos verificar que o protocolo SMPTE ST 2110 possui a melhor cotação. Isto é devido à separação entre os elementos (áudio, vídeo, ANC) que permite a melhor eficiência e flexibilidade na obtenção do parte necessário a cada aplicação. Por exemplo, um monitor de áudio não tem a necessidade de processar a porção de vídeo.

Tabela 6 – Matriz comparação de Flexibilidade

	<b>NDI</b>	<b>SMPTE 2022-2</b>	<b>SMPTE 2022-6</b>	<b>SMPTE 2110</b>	<b>Vetor Prioridade</b>
<b>NDI</b>	1	3	2	½	0.26
<b>SMPTE 2022-2</b>	1/3	1	½	1/6	0.08
<b>SMPTE 2022-6</b>	½	2	1	¼	0.13
<b>SMPTE 2110</b>	2	6	4	1	0.52

### 3.6.3 Desempenho

No terceiro e último critério, o desempenho, o padrão SMPTE ST 2110 volta a ser o mais bem cotado (Tabela 7). Pelo vídeo ser transmitido em formato descomprimido e cada faixa ser separada permite uma maior eficiência a ler a informação aumentando assim o desempenho. Em comparação com outros protocolos, na leitura deste protocolo não é preciso descomprimir o vídeo recebido.

Tabela 7 – Matriz de comparação de Desempenho

	<b>NDI</b>	<b>SMPTE 2022-2</b>	<b>SMPTE 2022-6</b>	<b>SMPTE 2110</b>	<b>Vetor Prioridade</b>
<b>NDI</b>	1	½	1/3	1/6	0.08
<b>SMPTE 2022-2</b>	2	1	½	¼	0.13
<b>SMPTE 2022-6</b>	3	2	1	½	0.26
<b>SMPTE 2110</b>	6	4	2	1	0.52

### 3.6.4 Classificação de Protocolos

Depois da análise a cada critério demonstrada em cima foi calculada o vetor de prioridade de cada um dos mesmos. Esta parte é apresentada tanto na avaliação de cada critério como na Tabela 8. Seguidamente procede-se à classificação dos protocolos que é realizada através da multiplicação da matriz de prioridade (Tabela 8) pelo vetor de prioridades dos critérios (Tabela 4), somando a seguir todos os resultados relativos ao protocolo.

No término destes cálculos podemos confirmar (Tabela 9) que o protocolo SMPTE ST 2110 possui o resultado mais favorável (52%) seguido do NDI (25%) restando SMPTE 2022-2 (13%) e SMPTE 2022-6 (11%);

Tabela 8 – Matriz de prioridade

	<b>I</b>	<b>F</b>	<b>D</b>
<b>NDI</b>	0.26	0.26	0.080
<b>SMPTE 2022-2</b>	0.14	0.08	0.13
<b>SMPTE 2022-6</b>	0.08	0.13	0.26
<b>SMPTE 2110</b>	0.52	0.52	0.52

Tabela 9 – Classificação dos protocolos

	<b>I</b>	<b>F</b>	<b>D</b>	<b>Resultado</b>
<b>NDI</b>	0.18	0.06	0.006	0.25
<b>SMPTE 2022-2</b>	0.10	0.02	0.01	0.13
<b>SMPTE 2022-6</b>	0.06	0.03	0.02	0.11
<b>SMPTE 2110</b>	0.36	0.12	0.04	0.52

## 4 Abordagens e Design da solução

*Neste quarto capítulo é apresentado o design da solução do sistema, as abordagens possíveis e as decisões tomadas acompanhado das suas justificações práticas e teóricas. Será iniciado pela escolha da melhor abordagem para o uso do protocolo SMPTE ST 2110, escolhido em 3.6.4. Seguidamente será demonstrada a arquitetura da solução, as tecnologias e linguagens usadas entre outros aspetos.*

### 4.1 Abordagens na captura de SMPTE ST 2110

Antes de começar a elaborar o design da solução é necessário fazer uma avaliação de algumas das abordagens existentes. Sendo SMPTE ST 2110 nada mais que um protocolo de transporte de vídeo, usando uma rede IP, existe mais de uma abordagem que se pode tomar para o desenvolvimento da solução deste projeto. Estas dividem-se principalmente pelo *Hardware* utilizado na mesma.

#### 4.1.1 Specific Hardware

Esta abordagem utiliza maioritariamente placas profissionais de entrada/saída específicas para vídeo. Como as convencionas, estas usam também conexões Ethernet, mas, também, usam tecnologias como conectores *Small Form Factor Pluggable (SFP)* devido ao ambiente profissional onde se inserem.

Estas placas são normalmente acompanhadas de um SDK (*Software Development Kit*) desenvolvido pelo fabricante de modo a tornar mais fácil o seu uso e exploração de todas as suas capacidades (KONA IP Transport, Capture, Display). Entre os fabricantes destas placas encontram-se nomes como a AJA, Matrox e Deltacast.

#### 4.1.2 Of the shelf Hardware

Esta abordagem, em comparação com a anterior, substitui a utilização de hardware específico pelo uso de placas de rede convencionais, que podem ser adquiridas em qualquer loja informática.

Apesar desta abordagem facilitar na compra do hardware, em termos de disponibilidade e preço, exige muito mais no desenvolvimento do software necessário para a mesma e da compatibilidade do mesmo com o hardware.

## **4.2 Abordagem escolhida**

Apesar da transição para o uso de servidores em nuvem estar em curso, e de haver iniciativas a usar hardware convencional como a *IP Virtual Card* da Deltacast (IP Virtual Card software framework for ST2110 video streaming, s.d.) a abordagem a tomar ainda é a utilização de hardware específico para a captura de vídeo.

Com esta abordagem tem-se benefícios tanto do lado de cliente como do desenvolvedor. Por um lado, o desenvolvedor vê o seu trabalho mais facilitado tanto em termos de possuir um SDK já utilizado por outros desenvolvedores, mas também ganha acesso a uma linha de ajuda direta para possíveis falhas técnicas. Atualizações de software podem trazer novas funcionalidades ou melhorias de desempenho sem grande esforço.

Do lado de negócios ganha-se uma possível parceria tecnológica, no caso da Glookast uma consolidação de uma já existente. Esta abordagem já é utilizada para os produtos SDI e pode também trazer garantias a nível de suporte e da facilidade de venda ao cliente. O cliente ganha uma solução de vários parceiros tecnológicos e com provas dadas na indústria, mas também a possibilidade de ter uma nuvem privada nas suas instalações.

## **4.3 Design**

O processo de design da solução teve como fase inicial a constatação e análise do design usado atualmente pela empresa no produto vendido, que neste caso é o Gloobox Capturer.

Sendo o objetivo deste projeto a sua integração do mesmo nos produtos da empresa é de extrema importância examinar o design atual que servirá de fundação para este projeto e analisar potenciais melhorias ao mesmo.

Tomou-se como exemplo a solução para SDI que a empresa possui neste momento. Neste sistema são usados vários serviços que comunicam diretamente com o hardware ajudados pelo SDK de cada fabricante. Cada serviço fica responsável pela captura do sinal existente em cada

um dos conectores da placa de vídeo bem como todo o processamento de vídeo, seja ele codificação, transporte e catalogação. O utilizador apenas tem de garantir que o sinal que pretende capturar se encontra corretamente ligado ao conector certo seja mudando fisicamente ou utilizando um gestor de rotas SDI.

A prática de uma arquitetura por serviços será mantida também para o corrente projeto havendo, no entanto, grande mudança no que toca à exigência que o utilizador tem para corretamente configurar o sistema. Para além de corretamente ligar os conectores físico à placa de rede o operador precisa de configurar a fonte de sinal que pretende capturar, nomeadamente a sua origem.

Por esse motivo deu-se relevância a um único caso de uso, sendo esse a configuração da fonte de sinal por parte do usuário do sistema, ou seja, a forma como o mesmo configura a fonte de onde o vídeo, áudio em ST 2110 está a ser emitido. O diagrama de sequência deste de caso de uso apresenta-se a seguir na Figura 13.

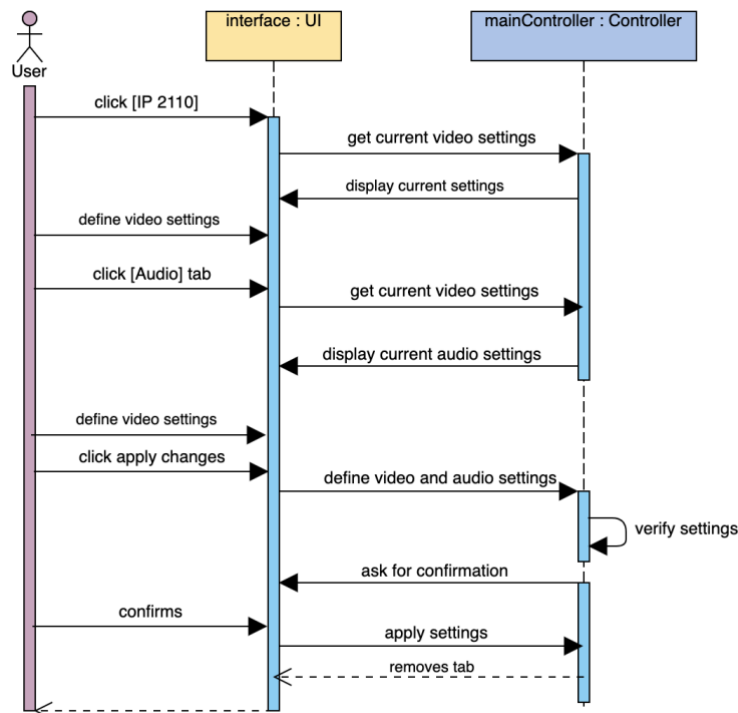


Figura 13 – Diagrama de sequência da configuração do sistema

Seguidamente foi realizado um levantamento dos principais requisitos funcionais que o sistema terá de acomodar. Estes são:

- **Capturar vídeo em SMPTE ST 2110:**  
O sistema deverá ser capaz de capturar vídeo proveniente de uma fonte de sinal em concordância com o protocolo de transporte SMPTE ST 2110;
- **Suportar a reconfiguração do formato do vídeo recebido:**  
O sistema deverá ser capaz de suportar a transição entre formatos de vídeo provenientes de uma mudança na configuração no sistema;
- **Geração de sinal representativo de falha de entrada:**  
O sistema tem a necessidade de fazer a geração de um sinal aquando de uma falha momentânea de sinal de forma a garantir a continuidade de uma possível gravação em curso.

Por fim foram analisados os requisitos não funcionais que a solução tem como objetivos:

- **Fiabilidade:**  
O sistema terá de ser pouco suscetível a falhas e deverá estar operacional sempre que 24H por dia caso seja necessário. As falhas que acontecerem terão de ser resolvidas no menor período de tempo possível e darão o feedback essencial ao utilizador. Terá também de suportar um bom sistema de registos de falha de maneira a uma melhor análise das mesmas e uma rápida resolução dos problemas;
- **Desempenho:**  
A plataforma deverá ser o mais eficiente possível na utilização dos recursos físicos da máquina, deverá ser possível capturar sinal com o menor uso de memória e processamento. Mesmo sendo um dos elementos mais importantes do sistema, exigem outras partes como a codificação do vídeo em si que necessitam de mais recursos;
- **Usabilidade:**  
O sistema terá de ser o mais simples e fácil de utilizar possível de maneira que os atores do sistema, mesmo não tendo os maiores conhecimentos da área, consigam ter o mesmo nível de usabilidade que outros que estejam mais ambientados com as tecnologias usadas. Deverá ser dado o *feedback* mais útil ao operador de modo que ele consiga tirar o maior partido do sistema no menor espaço de tempo conseguindo assim corrigir possíveis erros ou problemas de configuração.

## 4.4 Arquitetura

Ocorrendo que este projeto será integrado num produto já existente tem a sua arquitetura constrangida pelas decisões que foram tomadas anteriormente e pela estrutura que é usada no sistema vigente.

Por esse motivo a arquitetura adotada é nada mais que uma complementação da estrutura atual com adição de componentes específicos para o ST 2110 bem como alterações a componentes já existentes para suportar as inovações. A arquitetura da solução final será maioritariamente composta por 3 grupos sendo apresentada na Figura 14:

- **Backend:**

Componentes desenvolvidos em C++ que são responsáveis pelo acesso ao hardware bem como ao processamento de vídeo e a sua captura, sendo o principal foco do sistema desenvolvido. O serviço Device Checker apenas tem como função identificar que hardware se encontra presente no sistema. O componente IP 2110 Reader tem como objetivo capturar vídeo proveniente de uma fonte IP 2110, já o Video Processing Chain é responsável pelo processamento de vídeo. Ele pode ser a múltipla codificação de vídeo nos mais variados formatos e encapsulamento bem como a sua escrita em disco.

Estes dois últimos componentes estão englobados num único serviço com uma interface em SOAP que pode ser instanciado várias vezes de acordo com a necessidade para múltipla captura simultânea, sendo limitada ao hardware existente;

- **Middleware & Database:**

Elemento referente à comunicação entre os componentes do *User Interface* e do *Backend*. É responsável pela transmissão das mais variadas configurações feitas pelo utilizador e por aplicá-las ao *Backend*, bem como a obtenção da informação construída pelo Device Checker. É desenvolvida em Java e utiliza uma Base de Dados PostgreSQL de modo a persistir, corretamente, os dados inerentes ao sistema. Estes dados são maioritariamente as configurações feitas, sejam elas por canal de captura ou globais a toda a plataforma;

- **User Interface:**

Componente referente à interface do sistema, na qual o utilizador poderá interagir com ele. É também desenvolvida em Java e será responsável pela usabilidade do sistema e pela sua capacidade de ser corretamente configurado.



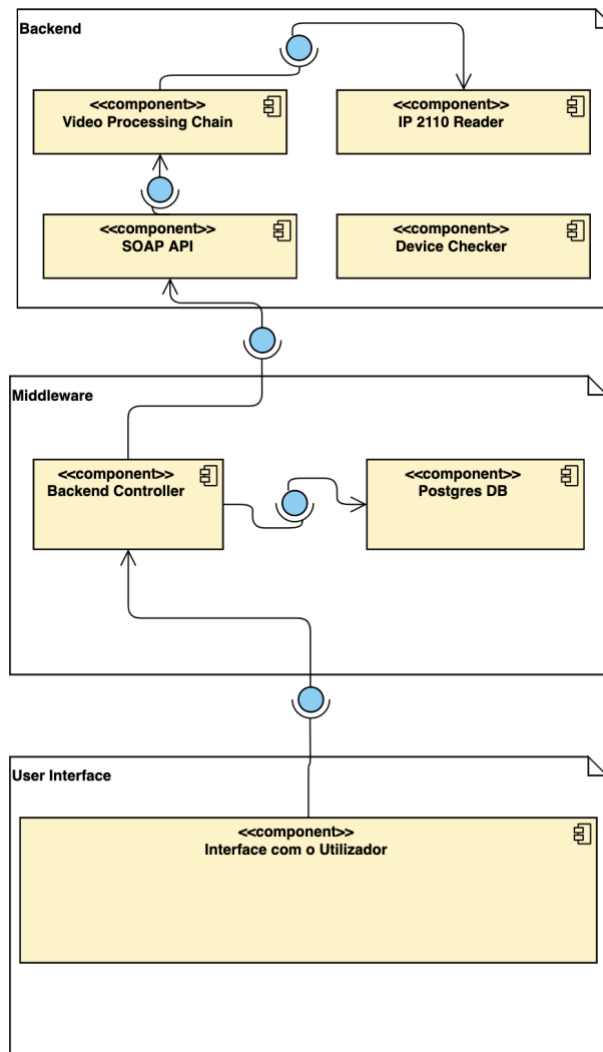


Figura 14 – Diagrama de Componentes

## 5 Construção da solução

*Neste quinto capítulo é documentado o processo de implementação do protótipo, que visa resolver os problemas do corrente projeto. Para além disso serão demonstradas algumas características da solução desenvolvida incluindo excertos de código desenvolvido bem como imagens ilustrativas à interface com o utilizador.*

### 5.1 Hardware

Como referido no quarto capítulo, a abordagem escolhida requer a utilização de hardware específico para a captura de vídeo IP no padrão SMPTE 2110. A placa de rede escolhida é fabricada pela Matrox sendo o modelo X.mio 5 Q25 SMPTE ST 2110, representada na Figura 15.



Figura 15 – Matrox X.mio5 Q25 SMPTE ST 2110

Esta placa de captura de vídeo foi concebida a pensar no ST 2110 possuindo interfaces de rede com velocidades até aos 25GbE. Com esta característica é possível a múltipla captura simultânea de vídeos IP com resoluções até aos 4K, sem a necessidade de utilizar outro hardware. Mais uma característica relevante, para o desenvolvimento deste projeto, é a placa de vídeo disponibilizar um extenso SDK em C++, que permite a melhor integração em sistemas pré-existentes ou numa solução de raiz. Possui também hardware para a sincronização de pacotes através de PTP e tal como é capaz de fazer conversão entre conteúdo HDR e SDR (Matrox, s.d.).

As razões responsáveis pela escolha desta placa de captura de vídeo, utilizando IP, foram as vastas características técnicas, referias anteriormente, tal como a consolidação de uma parceria

tecnológica com um dos melhores fabricantes no setor, Matrox. Este fabricante é conhecido não só pelo fabrico de hardware de qualidade para processamento de vídeo, mas também é conhecido devido a ter recebido vários prémios. Um exemplo, em 2018, a X.mio 5 venceu o prémio *NewBay Best of Show da TV Technology* (Technology, 2018).

## 5.2 Fluxo de Captura da Matrox

Neste subtítulo será feita uma descrição dos passos na criação de um fluxo usado na captura de vídeo IP utilizando o SDK disponibilizado com a placa da Matrox. Um exemplo do fluxo que é criado está representado na Figura 16.

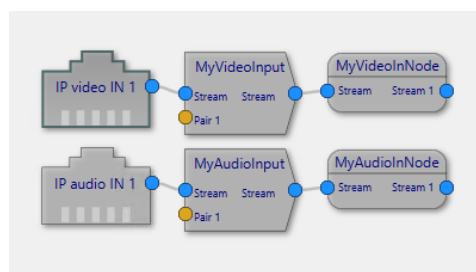


Figura 16 – Simple Fluxo Captura IP 2110

O primeiro passo executado, foi a criação de uma *Topology* (“Topologia” em português). Esta é um conjunto de componentes agrupados que permitem a construção de um fluxo de trabalho ou cadeia de processamento de vídeo. Todos os elementos necessários para a solução a construir terão de estar associados à mesma. Como o fluxo exige a utilização de um Hardware específico será criado um *System Topology* de modo a poder criar os componentes relacionado com a placa.

Seguem-se os conectores que não são nada mais que a entidade que permite a aplicação desenvolvida interagir com o hardware devendo ser corretamente configurada, de acordo com o uso pretendido. Dependendo do hardware usado o tipo de conector difere, no caso da Matrox X.mio 5 ST 2110 os conectores são do tipo SFP+ e são configurados recorrendo à interface *IMvSfplp* do SDK da Matrox, preenchendo para tal a estrutura *SMvIpInputConnectorSettings*.

Nesta estrutura são dispostas todas as definições necessárias para a correta conexão entre o gerador de sinal IP e o seu destino, é neste elemento que se define os endereços de destino e origem do sinal, onde se habilita a redundância, bem como o tipo de *payload* de acordo com o tipo de informação a receber assim como outras definições relevantes para IP 2110.

A conexão entre os conectores e o restante sistema é feito pelas *Streams*, ou seja, este componente é responsável pelo processamento e transferência dos dados entre os demais componentes do fluxo de captura. Existem vários subtipos de *Streams* mas o único relevante para este documento é o *Input Stream*. Este tipo permite a transmissão de vídeo e os restantes dados entre um conector, IP ou SDI, e um *Card Node* de modo a ser armazenado, e depois processado pela aplicação desenvolvida. Para que isso aconteça é necessário que a configuração da Stream e do Node destino sejam compatíveis em termos de resolução e *framerate*, sendo este o único requisito essencial.

Em quarto lugar tem-se os *Nodes* que podem ser dos seguintes tipos: *Card Node*, *Host Node*, *Alias Card Node*, *Host Shared Node*. Um *Node* é o elemento na cadeia que armazena os dados relativos ao vídeo, áudio, e dados auxiliares. A informação é proveniente de uma *Stream* e pode ser passada a outra *Stream*. Em suma, um node é a ligação entre as *Streams* e o resto da aplicação. No protótipo apresentado neste documento será utilizado o *Card Node*, este *Node* aloca a memória necessária para vídeo, áudio, e dados auxiliares na memória existente na placa da Matrox. Todos os principais elementos do SDK da Matrox encontram-se na figura seguinte.

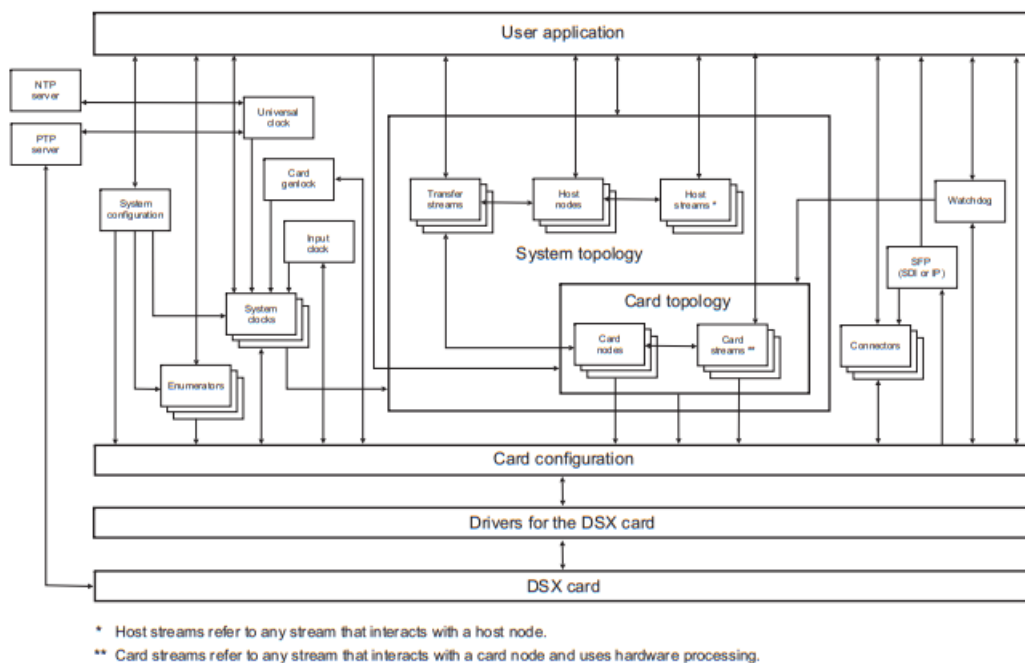


Figura 17 – Principais componentes Matrox SDK (Matrox, 2021)

## 5.3 Implementação da Captura Vídeo IP

Neste subcapítulo serão apresentados vários artefactos únicos e relevantes ao projeto e que demonstram mais tecnicamente o que foi desenvolvido no projeto. Esta apresentação será feita com o uso de excertos de código desenvolvido bem como a descrição dos mesmos.

### 5.3.1 Verificação de hardware

De modo a ajustar o sistema para todos os cenários de hardware suportado pelo Gloobox Capturer é necessário, primeiramente, saber que tipo de hardware se encontra na máquina que corre o protótipo. Para isto foi criado um executável que, através dos vários SDKs dos fabricantes de hardware com que a Glookast trabalha, verifica que tipo de placa se encontra no servidor, seja ela de IP ou SDI, filtrando pelo que é suportado atualmente pelo serviço de processamento de vídeo. Para alcançar o descrito anteriormente, como se pode verificar no Código 1, foi criado um método para verificar a existência de placa da Matrox, bem como irá filtrar pela existência de uma série X.mio 5, sendo este o único modelo suportado atualmente.

```
TMvSmartPtr<IMvSystemConfigurationCardEnumerator> card_enumerator;
    CMvHResult ohr = system_configuration -> CreateCardEnumerator
    (&card_enumerator);
    TMvSmartPtr<IMvCardConfiguration> card_configuration;
    ohr.AssignNoAssert (card_enumerator -> Next (&card_configuration));

while (ohr.DidSucceed () {
    SCardInformation card_info;
    card_info.hardware_information.size = sizeof
card_info.hardware_information;
    card_info.card_configuration = card_configuration;
    card_info.hardware_information.sConnectorsDescription.size =
sizeof card_info.hardware_information.sConnectorsDescription;
    ohr = card_info.card_configuration -> GetCardInformation
    (&card_info.hardware_information, 0);

    switch (card_info.hardware_information.eHardwareSerieDetected {
    case kEMvHardwareSerieDSXmio5:
        return card_info.hardware_information.eHardwareSerieDetected;
    default:
        break;
    }
    card_configuration = nullptr;
    ohr.AssignNoAssert (card_enumerator -> Next
    (&card_configuration));}
    return kEMvHardwareSerieInvalid;
```

Código 1 – Verificação de placa Matrox

Este serviço é executado em precedência aos serviços que estão responsáveis pela captura de vídeo de modo que a criação em simultâneo de várias capturas seja facilmente orquestrada, mas também impossibilitando erros de operador que pode tentar criar fluxos não suportados pelo hardware. Serve também para a camada do *Middleware* conhecer o tipo de hardware disponível.

### 5.3.2 Gestão de memória

Um dos principais fatores para se ter um sistema de captura de vídeo eficiente é a correta gestão de memória, visto que um segundo de vídeo pode corresponder a Gigabytes de informação. Para além de ser uma grande quantidade de memória, esta também deve ser processada em tempo real, isto é, cada pacote de dados deverá ser processado antes de chegar o próximo pacote de forma a evitar a perda de dados, sendo essa indesejável em cenários de transmissão via IP.

Para colmatar este problema, a Matrox disponibiliza *pools* de *buffer*, que fazem a gestão automática de vários espaços de memória de modo que possa ser feita a sua leitura/escrita de forma assíncrona. Com esta funcionalidade, existe também uma redução na probabilidade de acontecer um vazamento de memória, aumentando a fiabilidade do sistema. Estas *pools* podem conter dados relativos a vídeo, áudio ou dados auxiliares e é criado de acordo com a descrição do tipo de dados que vai guardar, através da descrição da *frame* introduzida aquando da criação (*SMvCreateSurfaceDescription*). Os outros requisitos para a criação do *pool* são o número de *frames* a guardar e o nome que a *pool* terá. Depois da criação no sistema desenvolvido e aquando da necessidade de criação de uma *Surface* (denominação de *frame* no SDK da Matrox) basta requisitar à *pool* e depois incrementar tanto o contador de leitura como o contador de escrita da mesma, como se encontra demonstrado no Código 2.

```
HRESULT get_video_surface_from_pool (IMvSurface** out_surface){
    CMvHResult oHr;
    oHr = video_surface_pool_ -> WaitForSurface (50000,
out_surface);
    if (!oHr.DidFail ()) {
        oHr = (*out_surface) -> IncrementReadCount ();
        oHr = (*out_surface) -> IncrementWriteCount ();
    }
    return oHr;}

```

Código 2 – Requisição de Surface

Depois da Surface deixar de ser necessária é preciso que seja assinalada a conclusão da sua leitura como é apresentado no Código 3, de modo que o *pool* consiga disponibilizar a memória alocada para outra Surface no futuro.

```
SMvLockSurfaceDescription surface_field_lock = { sizeof
surface_field_lock };
surface0 -> Lock (0, keMvFaceTypeFront, &surface_field_lock);
::memmove_s (buffer_video, surface_field_lock.ulRowPitchInBytes *
surface_field_lock.ulHeight, surface_field_lock.pBuffer,
surface_field_lock.ulRowPitchInBytes * surface_field_lock.ulHeight);

surface0 -> Unlock (0, keMvFaceTypeFront);
oHr = surface0 -> SignalReadCompletion ();
```

Código 3 – Processamento da Surface

## 5.4 Interface com o utilizador

Neste subcapítulo será demonstrado como o utilizador interage com o sistema e consegue eficientemente configurar a origem do sinal IP em conformidade com o padrão 2110.

Numa primeira fase, o utilizador terá de iniciar uma sessão de captura no Gloobox Capturer onde será fornecido com a interface atual do produto que contém as janelas das ferramentas de captura para cada canal da sessão criada, como demonstrado na Figura 18.

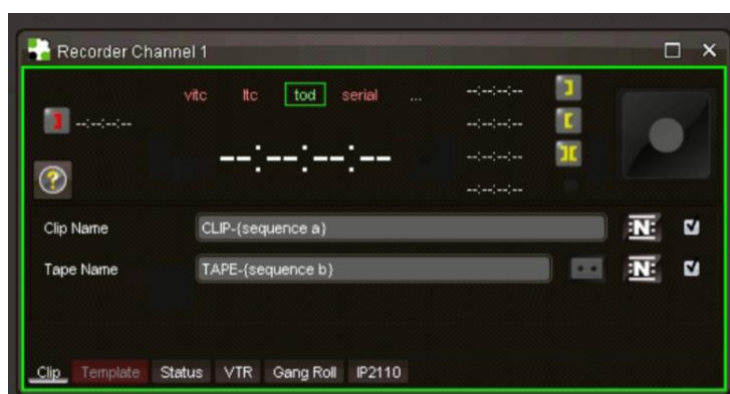


Figura 18 – Gloobox Capturer Recorder tool

Aquando da presença de uma placa de vídeo que suporte 2110 o sistema, através do serviço de verificação de hardware referido em 5.3.1, é inteligente para a identificar e tornar disponível

um submenu com o título de “IP2110”. Neste menu serão exibidas as configurações possíveis para se corretamente definir a fonte do sinal em conformidade com o ST 2110.

Estado o projeto ainda numa fase de protótipo tomou-se a decisão de limitar as configurações de sinal IP, limitando a duas *Streams*, uma para vídeo e outra para áudio.

Desta forma consegue-se um encurtamento no tempo de desenvolvimento até à entrega de um sistema funcional. Será, portanto, mais fácil fazer a avaliação da prova de conceito bem como avaliar o design da solução usado. Isto permitirá também uma maior facilidade nas mudanças ao projeto, sejam elas complexas ou mais básicas.

Cada uma das *Streams* possui uma janela própria para a sua configuração, distinguidas pelo tipo de informação a que se refere seja ela vídeo ou áudio. Esta divisão permite uma navegação mais eficiente do utilizador até à configuração que pretende alterar. Em vez de percorrer uma extensa lista de configurações requer-se ao operador que primeiramente faça a escolha do tipo de *stream* que pretende mudar e de seguida fazer tal modificação.

Começando pela do vídeo, representada na Figura 19, apresenta as configurações do endereço de IP, tanto destino como origem, bem como o *payload* dos dados a receber. Por fim e uma das configurações mais importantes, o utilizador deve definir o formato do vídeo que espera receber, tanto em termos de resolução como espaço de cor e *framerate*.

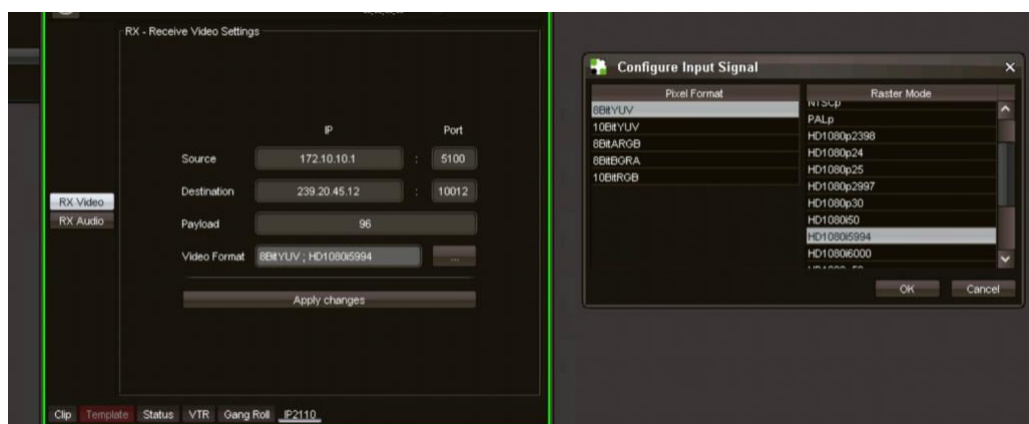


Figura 19 – Configuração Vídeo IP 2110

Passando ao áudio, este também tem um menu específico onde são especificados os endereços de IP bem como o intervalo entre pacotes e o tipo de áudio que se espera receber.



Neste último ponto o utilizador do sistema deverá indicar quantos canais de áudio tem aquela fonte bem como a sua taxa de amostragem e bits de amostragem.



Figura 20 – Configuração Áudio IP 2110

Aquando da finalização da configuração o utilizador deverá pressionar em “*Apply changes*” para aplicar as alterações. Será apresentado uma janela (Figura 21) para a confirmação da sua alteração e a avisar que o canal de captura será reiniciado de modo que as configurações tomem efeito. Depois de aceite, o serviço que trata da captura de vídeo será reiniciado com as configurações alteradas e o sistema ficará com a sua fonte de sinal conformada. Estas serão feitas maioritariamente feitas aos componentes dos conectores e *nodes* referidos no subcapitulo 5.2.



Figura 21 – Confirmação das configurações

## 5.5 Testes funcionais

Finalizada a fase de desenvolvimento do protótipo, foram realizados um conjunto de testes funcionais, de modo a confirmar que a solução pode ser avaliada por um número maior de utilizadores.

As principais características avaliadas foram os requisitos funcionais, apresentados no subcapítulo 4.3. Segue-se uma análise dos resultados para cada ponto apresentado anteriormente:

- **Capturar vídeo em SMPTE ST 2110:** O sistema é capaz de capturar vídeo em conformidade com o padrão SMPTE 2110 desde que este seja limitado a uma faixa de vídeo e outra de áudio. Os testes funcionais revelaram que o protótipo se encontra estável em termos do uso de memória e de unidade de processamento, com resultados semelhantes aos obtidos com um fluxo SDI;
- **Suportar a reconfiguração do formato do vídeo recebido:** O protótipo é capaz de suportar a mudança dos formatos de vídeo e áudio configurados. Para isto o utilizador precisa, apenas, de configurar corretamente a fonte de sinal e proceder ao reinício do serviço que trata da captura de vídeo.

Apesar de o requisito funcional ser atingido poderia ser melhorada de forma que não fosse exigido o reinício do serviço e tendo uma transição mais adequada, permitindo também a gravação se for preciso;

- **Geração de sinal representativo de falha de entrada:** Caso o protótipo seja configurado para uma fonte de conexão que não esteja a emitir qualquer sinal são geradas imagens pretas a substituir o vídeo e silêncio no que toca ao áudio. Isto permite que o sistema de captura seja configurado de forma independente à sua fonte de sinal. Apesar disto pode ser melhorada de forma que o sinal gerado seja configurado pelo utilizador, podendo consistir numa outra imagem com rótulo indicativo da falta de sinal.

Em jeito de conclusão, todos os requisitos funcionais foram atingidos com um grau de sucesso suficiente para que o protótipo seja avaliado por outros utilizadores, no entanto, existem ainda melhorias que podem e devem ser implementadas no futuro.



# 6 Avaliação da solução

*Neste sexto capítulo serão apresentadas as metodologias e critérios de avaliação que servirão de apoio na apreciação do sucesso deste projeto e da solução desenvolvida bem como para estimar possíveis desenvolvimentos futuros.*

## 6.1 Objetivo da Avaliação

Sendo um dos focos da solução desenvolvida a sua usabilidade e a facilidade com que o utilizador consegue tirar o máximo de rendimento do sistema existe a necessidade de testar este aspeto.

Para a comprovar, será avaliada a presunção de que um utilizador sem qualquer demonstração do funcionamento do sistema tem o mesmo desempenho que um outro utilizador à qual foi demonstrado a solução. Os dados avaliatórios serão recolhidos através de um questionário.

## 6.2 Descrição hipóteses

Com o intuito de comprovar e testar a usabilidade do sistema foram definidas duas hipóteses a serem testadas. Estas são:

- Hipótese Nula ( $H_0$ ) – Utilizadores sem demonstração da solução possuem a mesma facilidade de utilização do software que aqueles que receberam demonstração;
- Hipótese Alternativa ( $H_1$ ) - Utilizadores sem demonstração da solução apresentam maior dificuldade na utilização do software do que aqueles que receberam demonstração.

## 6.3 Metodologia de Avaliação

As hipóteses enumeradas na secção anterior serão avaliadas pela reposta a um questionário desenvolvido para tal finalidade. Os inquiridos serão maioritariamente colaboradores inerentes ao projeto e à empresa. Estes mesmos serão depois divididos em dois grupos. Um dos grupos será exposto a uma breve demonstração enquanto o outro não terá qualquer conhecimento prévio do mesmo.

O questionário em si seguirá o modelo de testes de usabilidade, neste caso o *System Usability Scale (SUS)*. Este sistema foi desenvolvido em 1986 por John Brooke e é um dos sistemas para testar usabilidade mais usado nas últimas décadas e nas mais variadas áreas de investigação.

O sistema tem um foco na rapidez em obter resultados e na sua análise sendo composto por um questionário com 10 afirmação, sendo que cada uma delas tem uma escala de resposta numérica com 5 opções de acordo com a concordância do questionado com a asserção (1 – Completamente em desacordo, 5 – Completamente de acordo) (Sauro, 2011). O questionário deverá seguir uma regra em que as questões devem ser alternadas entre uma afirmação e uma negação, começando pela primeira.

O questionário que será utilizado nesta dissertação é apresentado na tabela seguinte.

Tabela 10 – Questionário de Usabilidade

1	Acho que usaria o sistema frequentemente
2	Achei a solução desnecessariamente complexa
3	Considero que o produto final é fácil de usar
4	Senti a necessidade de ter ajuda para o uso do sistema
5	Achei que os vários aspetos do sistema estavam bem integrados
6	Encontrei inconsistência no produto
7	Considero que qualquer pessoa consegue aprender a usar o sistema facilmente
8	Achei que o sistema era incómodo de ser usado
9	Senti-me confiante para usar este sistema
10	Senti que é necessária uma aprendizagem para o uso do sistema

Por fim será feita a comparação da classificação obtida com o *System Usability Scale* de modo a afirmar ou negar as hipóteses apresentadas no ponto 7.2.

## 6.4 Análise de resultados

O público inquirido foi constituído por elementos da empresa onde o projeto foi realizado, sendo uma empresa de pequena dimensão a quantidade de respostas aos inquiridos foi reduzida. No total foram inquiridas 9 pessoas, 5 pessoas que tiveram demonstração do protótipo e as restantes 4 pessoas que não tiveram demonstração. O questionário em si foi igual para ambos os grupos e encontra-se no segundo anexo deste documento.

### 6.4.1 Análise por questão e grupo

De modo a possuir uma melhor análise dos resultados e a comparação dos mesmos entre grupos. Os próximos capítulos apresentarão os resultados obtidos para cada uma das 10 perguntas bem como a sua análise. Nestes subcapítulos serão apresentadas as respostas fornecidas pelos inquiridos através de gráficos construídos a partir do tratamento de dados das folhas de cálculo geradas.

Para simplificação da análise será feita referência a um primeiro grupo e a um segundo grupo, o primeiro grupo incluirá os questionados que tiveram uma demonstração anterior ao questionário e o segundo grupo corresponderá àqueles que não tiveram qualquer demonstração.

#### 6.4.1.1 Acho que usaria o sistema frequentemente

A primeira pergunta a ser analisada é “Acho que usaria o sistema frequentemente”. Com esta pergunta podemos determinar se o sistema cumpre com as expetativas que o utilizador possa ter antes de o usar. Analisando as respostas do primeiro grupo onde a grande maioria avaliou como 4 e o restante como 5 pode-se deduzir que o sistema é viável para os inquiridos.

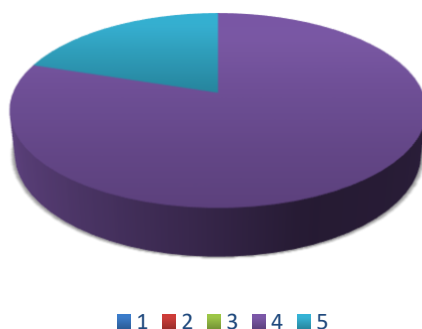


Gráfico 1 – Primeiro grupo responde a “Acho que usaria o sistema frequentemente”

Passando para as respostas que o segundo grupo, aqui a resposta maioritária continuou a ser o valor de 4 com metade dos inquiridos a dar essa resposta. A restante metade ficou dividida entre o valor de 3 e 5. Com estas respostas podemos inferir que apesar do sistema ser viável poderá haver melhorias neste ponto e que a demonstração pode aumentar a perceção dos inquiridos sobre o propósito da solução.

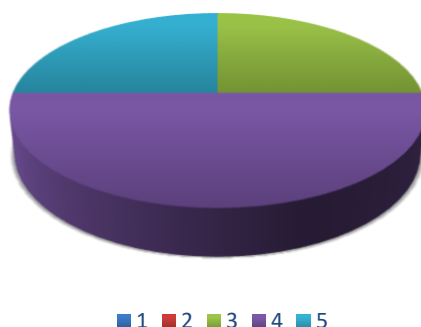


Gráfico 2 – Segundo grupo responde a “Acho que usaria o sistema frequentemente

#### 6.4.1.2 Achei a solução desnecessariamente complexa

Passando à segunda pergunta a ser estudada que é “Achei a solução desnecessariamente complexa” que tem como propósito analisar se a complicação existente no sistema não influencia a sua usabilidade.

Analisando as respostas do primeiro grupo, representadas no Gráfico 3 verifica-se que as cotações foram divididas entre os valores de 1 e 2, existindo uma ligeira maioria para o primeiro.

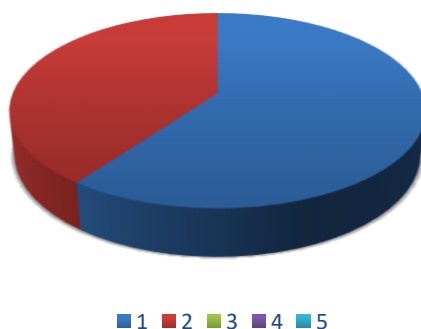


Gráfico 3 – Primeiro grupo responde a “Achei a solução desnecessariamente complexa”

A mesma divisão nas respostas é igualmente confirmada no segundo grupo onde 50% cotou como 1 e os outros 50% cotou como 2. Havendo esta concordância de avaliação entre os

inquiridos podemos concluir que mesmo havendo complexidade no sistema este não danifica o uso do mesmo.

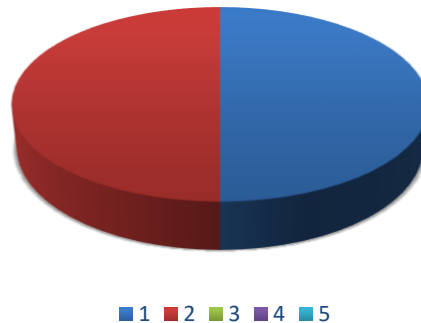


Gráfico 4 – Segundo grupo responde a “Achei a solução desnecessariamente complexa”

#### 6.4.1.3 Considero que o produto final é fácil de usar

Em terceiro lugar no questionário apresenta-se “Considero que o produto final é fácil de usar”. Esta pergunta tem a finalidade de avaliar a facilidade de uso apresentada pelo protótipo. Observando as respostas do primeiro grupo onde a grande maioria avaliou como 5 e o restante como 4 pode-se inferir que o sistema é de fácil uso.

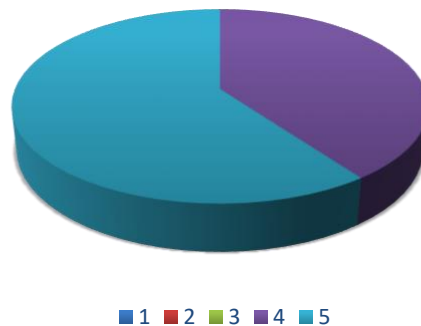


Gráfico 5 – Primeiro grupo responde a “Considero que o produto final é fácil de usar”

A ilação anterior é refutada parcialmente pelas respostas do segundo grupo. Aqui a grande maioria cotou com o valor de 4. Apesar de a diferença ser reduzida em termos de valor mostra que a demonstração ajuda na facilidade de uso, o que por si indica que possíveis ajustes nesta categoria possam ser feitos no futuro.



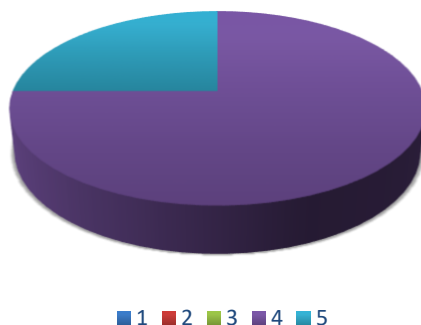


Gráfico 6 – Segundo grupo responde a “Considero que o produto final é fácil de usar”

#### 6.4.1.4 Senti a necessidade de ter ajuda para o uso do sistema

A quarta pergunta a ser analisada é “Senti a necessidade de ter ajuda para o uso do sistema”. Esta interrogação tem como objetivo verificar se o sistema exige a necessidade de oferecer ajuda ao utilizador de modo a ele ser eficiente.

No primeiro grupo as respostas dividiram-se entre os valores de 3 e 2, sendo que a maioria recaiu pelo primeiro.

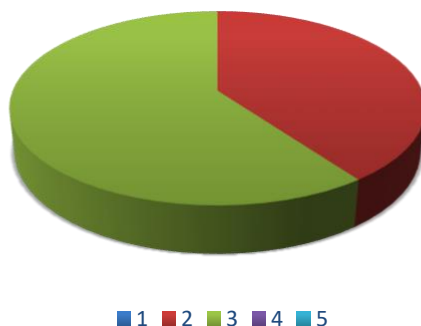


Gráfico 7 – Primeiro grupo responde a “Senti a necessidade de ter ajuda para o uso do sistema”

Transpondo para as respostas do segundo grupo, a resposta maioritária manteve-se na cotação 3. Com esta concordância entre grupos, mesmo sendo um valor neutro, podemos concluir que o tema desta questão deverá ser analisado mais profundamente no futuro.

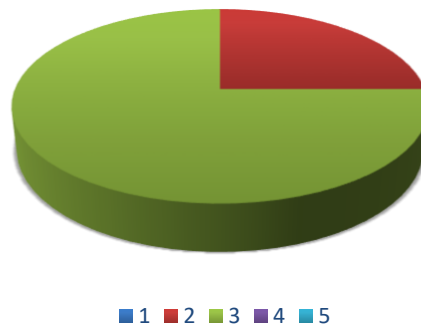


Gráfico 8 – Segundo grupo responde a “Senti a necessidade de ter ajuda para o uso do sistema”

#### 6.4.1.5 Achei que os vários aspetos do sistema estavam bem integrados

Transpondo para a quinta questão, sendo ela “Achei que os vários aspetos do sistema estavam bem integrados”, esta pergunta nos dará informação sobre a congruência apresentada pelo protótipo, isto é, se está pronto a ser distribuído.

Com uma maioria, no grupo 1, a responder com o valor de 4 e a restante a responder com 3 podemos aferir que o protótipo já tem as suas partes bem integradas, mas ainda não se encontra em aperfeiçoamento, havendo melhorias a serem feitas.

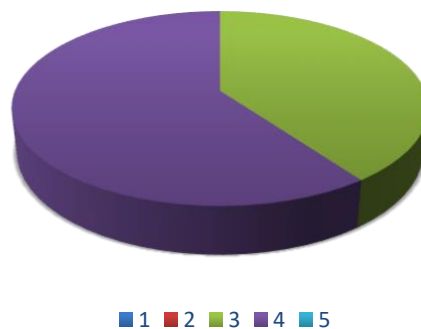


Gráfico 9 – Primeiro grupo responde a “Achei que os vários aspetos do sistema estavam bem integrados”

O grupo dois por sua vez volta a reafirmar o apresentado pelo outro grupo, a maioria recaiu pela cotação de 4 com 25% a responder com 3.

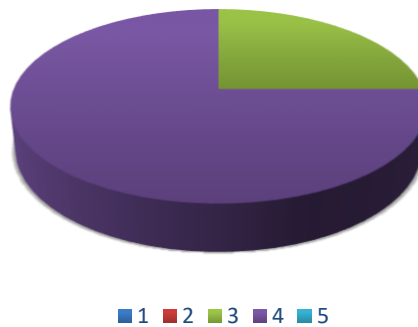


Gráfico 10 – Segundo grupo responde a “Achei que os vários aspectos do sistema estavam bem integrados”

#### 6.4.1.6 Encontrei inconsistência no produto

A sexta pergunta a ser analisada é “Encontrei inconsistência no produto”. Com esta asserção tenta-se aferir se existe falta de lógica entre os vários aspectos da solução desenvolvida.

Estudando as respostas do grupo com demonstração onde a maioria avaliou com 2 e o restante como 1 pode-se concluir que não existem inconsistências no protótipo desenvolvido aquando da realização do questionário.

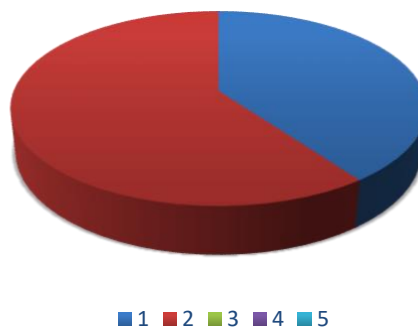


Gráfico 11 – Primeiro grupo responde a “Encontrei inconsistência no produto”

Cruzando com as respostas atribuídas pelo grupo que não teve demonstração, não existe outra opção senão reafirmar as conclusões anteriores visto que o rácio de classificação com valor de 1 aumentou.

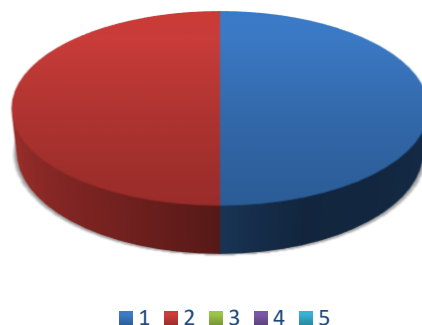


Gráfico 12 – Segundo grupo responde a “Encontrei inconsistência no produto”

#### 6.4.1.7 Considero que qualquer pessoa consegue aprender a usar o sistema facilmente

Em sétimo no questionário está “Considero que qualquer pessoa consegue aprender a usar o sistema facilmente”. Esta questão tem como objetivo aferir se o caminho para aprendizagem do protótipo é acentuado ou equilibrado. Dando uma cotação maioritária ao valor de 3 e de 4, o primeiro grupo afirma que o sistema não tem um nível de aprendizagem reduzido.

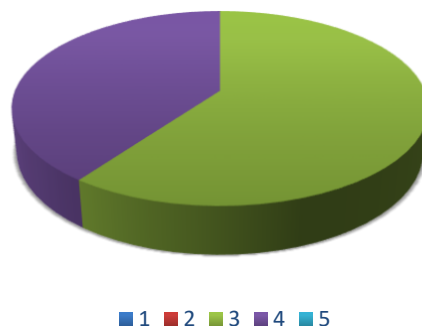


Gráfico 13 – Primeiro grupo responde a “Considero que qualquer pessoa consegue aprender a usar o sistema facilmente”

Atravessando para as respostas que o segundo grupo, aqui a resposta maioritária e única foi o valor de 3. Estas respostas inferem que o sistema apresenta conceito que não tem a mais fácil das aprendizagens, no entanto, e visto que as cotações foram mais expressivas no grupo mais familiarizado com o sistema pode indicar que a dificuldade pode estar relacionada com a nova tecnologia que está a ser utilizada.

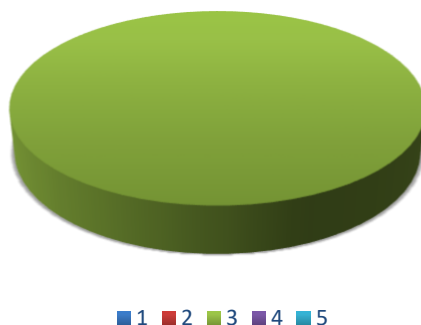


Gráfico 14 – Segundo grupo responde a “Considero que qualquer pessoa consegue aprender a usar o sistema facilmente”

#### 6.4.1.8 Achei que o sistema era incómodo de ser usado

Na oitava posição tem-se a afirmação “Achei que o sistema era incómodo de ser usado”. Com esta pergunta conclui-se se o projeto apresentado possui características que causam incomodo na sua utilização.

As respostas do primeiro grupo foram divididas entre as cotações de 1 e 2, sendo que a maioria recaiu sobre a primeira.

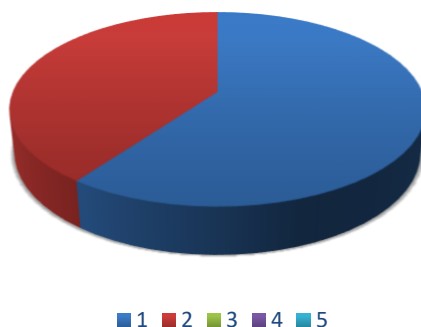


Gráfico 15 – Primeiro grupo responde a “Achei que o sistema era incómodo de ser usado”

Os resultados do segundo grupo são similares aos do primeiro havendo um equilíbrio perfeito entre os valores de 1 e 2. As classificações dos dois grupos indicam que não existe características que prejudiquem a eficiência na utilização do produto.

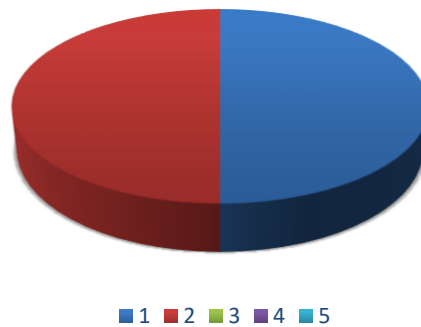


Gráfico 16 – Segundo grupo responde a “Achei que o sistema era incómodo de ser usado”

#### 6.4.1.9 Senti-me confiante para usar este sistema

A penúltima a ser analisada é “Senti-me confiante para usar este sistema” e tenta analisar a confiança que o inquirido teve aquando da utilização do sistema.

Verificando as respostas do grupo 1 na qual a grande maioria avaliou como 4 e o restante como 3 pode-se pensar que o sistema apresenta uma confiança aceitável para a fase de protótipo em que se encontra.

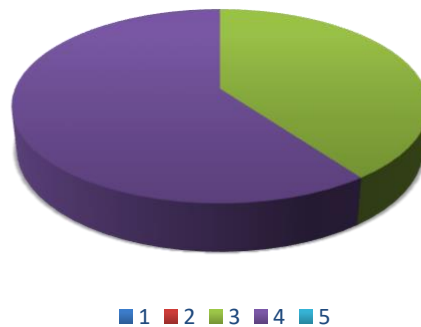


Gráfico 17 – Primeiro grupo responde a “Senti-me confiante para usar este sistema”

A afirmação anterior é suportada também pelos resultados do segundo grupo onde a maioria continuo a ser expressiva no valor de 4.

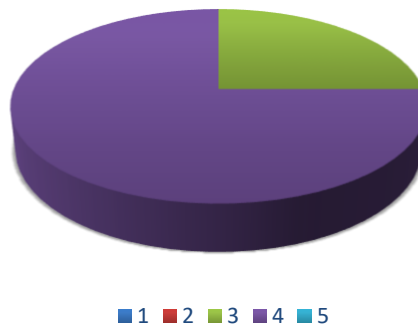


Gráfico 18 – Segundo grupo responde a “Senti-me confiante para usar este sistema”

#### 6.4.1.10 Senti que é necessária uma aprendizagem para o uso do sistema

A décima e última pergunta a ser analisada é “Senti que é necessária uma aprendizagem para o uso do sistema” e tem como finalidade verificar se é preciso instruções e ensino sobre a utilização do sistema de modo a ter o maior proveito do mesmo.

Analisando as respostas do primeiro grupo onde a grande maioria avaliou como 4 e o restante como 3 pode-se deduzir que o uso do sistema é favorecido pela existência de um ensino anterior ao uso.

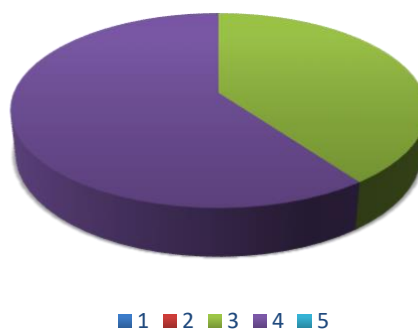


Gráfico 19 – Primeiro grupo responde a “Senti que é necessária uma aprendizagem para o uso do sistema”

Passando para as respostas que o segundo grupo, aqui a resposta maioritária continuou a ser o valor de 4 com 75% dos inquiridos a dar essa resposta e o restante 25% a cotar com 3. Estes valores comprovam que um aumento na usabilidade pode aparecer com uma aprendizagem do utilizador.

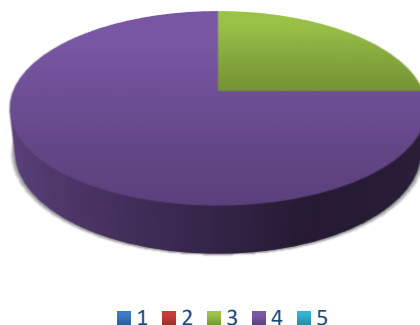


Gráfico 20 – Segundo grupo responde a “Senti que é necessária uma aprendizagem para o uso do sistema”

#### 6.4.2 Cálculo e Análise do resultado de SUS

Decorrida a obtenção das respostas aos questionários bem como a posterior análise dos mesmos fica apenas a faltar o cálculo da classificação de usabilidade de acordo com o SUS.

Considerando que o questionário foi elaborado consoante as regras do sistema que citam a rotação entre uma afirmação e uma negação resulta em que o cálculo consista em duas fases.

Numa primeira fase é calculado uma classificação entre 0 e 40 para cada inquirido recorrendo à soma das respostas que o mesmo fez, mas de acordo com o tipo de pergunta:

- Em caso de afirmação ou pergunta ímpar é feito  $x - 1$ , sendo  $x$  a classificação dada pelo inquirido.
- Em caso de negação ou pergunta par é feito  $5 - x$ , sendo  $x$  a classificação dada pelo inquirido.

Na segunda fase é calculado a classificação de usabilidade fazendo  $x * 2.5$  sendo que  $x$  corresponde ao valor da soma da primeira fase. Este valor corresponde à classificação de usabilidade segundo SUS para o inquirido em particular e encontra-se demonstrada no terceiro anexo deste documento.

Por fim é feita a média da nota SUS para cada um dos grupos e a sua análise. Os valores médios obtidos são de 72 para o grupo que teve demonstração e de 69 para o grupo que não teve demonstração.



SUS Score	Grade	Adjective Rating
> 80.3	A	Excellent
68 – 80.3	B	Good
68	C	Okay
51 – 68	D	Poor
< 51	F	Awful

Figura 22 – Escala de avaliação de SUS

Com estes resultados e segundo a escala do *System Usability Scale* apresentada na Figura 22 podemos concluir que o sistema se apresenta com uma usabilidade boa para ambos os grupos.

## 6.5 Apreciação dos resultados

Depois de se ter realizado os questionários e realizada o seu exame que culminou com classificação de usabilidade, segundo o *System Usability Scale*, pode-se aferir qual das hipóteses apresentadas em 6.2 se verifica no corrente projeto.

Visto que a qualificação foi bastante próxima entre os dois grupos (72 e 69), com uma diferença de valores de 1,04% pode-se afirmar que a usabilidade dos grupos foi igual e que a existência de uma demonstração anterior apesar de ser benéfica não melhora significativamente os resultados. A diferença de grupos, apesar de existente, é reduzida e está dentro do que é esperado na metodologia de teste empregada.

Com os dados obtidos e o estudo feito podemos confirmar a Hipótese Nula ( $H_0$ ) e negar a Hipótese Alternativa ( $H_1$ ) mas também confirmar que o protótipo apresentado aos inquiridos se encontra num bom estado em termos de usabilidade do mesmo.

Existem, no entanto, pontos que podem ser melhorados sendo um deles o nível de aprendizagem requerido ao utilizador sobre que apesar de estar relacionada com a novidade do uso da tecnologia em si na indústria assim como entre os inquiridos. Estes pontos devem ser abordados em desenvolvimentos futuros.

## 7 Conclusões e trabalho futuro

*Neste sétimo e último capítulo do documento é apresentado um breve resumo do problema que esta dissertação visa resolver, bem como o nível do sucesso com que se alcançou os objetivos propostos. Para tal asserção, serão utilizados os dados provenientes na experimentação documentada no capítulo anterior. Será também relatado todas as melhorias e funcionalidades em falta que poderão ser implementadas no futuro.*

### 7.1 Principais Conclusões

O principal objetivo desta dissertação era contruir uma solução que permita a captura de vídeo em conformidade com o standard SMPTE 2110, visto a sua extrema importância no espectro tecnológico atual assim como a sua necessidade no mercado competitivo do Broadcast.

Para tal foram definidos três principais problemas a resolver, estes foram:

- Criação de uma solução de captura que suporte ST 2110;
- Análise da usabilidade do sistema de captura IP;
- Estudo de todas as tecnologias de vídeo por IP de modo a garantir a melhor escolha.

Todos estes problemas foram endereçados e resolvidos ao longo do projeto, por um lado foi construída um protótipo capaz de capturar vídeo em ST 2110 com a ajuda de placa de rede fabricada pela Matrox e do seu extenso SDK. Durante a fase do desenho e construção da solução foram utilizadas todas boas práticas de engenharia desde o correto planeamento, uso de um sistema de controlo de versões, entre outros.

O estudo tecnológico foi também realizado durante o projeto e descrito neste documento. Para tal foram escolhidas as 4 principais tecnologias atuais na área de vídeo por IP e feita a sua comparação, tanto a nível técnico como o valor que trazem para a empresa com a sua implementação. Com isto garantiu-se a correta escolha do protocolo a ser usado no projeto.

Por último foi verificada a usabilidade do sistema elaborado recorrendo para tal a questionários respondidos por integrantes da empresa. Nesta fase fez-se a comparação da usabilidade, de acordo com *System Usability Scale*, classificada por elementos que tiveram uma demonstração

e outros que a não tiveram. Os resultados obtidos revelaram existe já uma boa usabilidade no sistema desenvolvido e que ambos partilham da mesma opinião sobre o assunto.

Conclui-se, portanto, que todos os problemas propostos neste documento foram resolvidos com um grau de sucesso satisfatório e com o sucesso no projeto é assegurado. Tanto os testes de usabilidade como funcionais apresentam, no entanto, melhorias a serem feitas.

## **7.2 Trabalho futuro**

Apesar de se ter conseguido colmatar os problemas previstos no projeto, existem ainda limitações no protótipo que devem ser endereçadas num futuro desenvolvimento. De um ponto de vista técnico é necessário em primeiro lugar suportar uma maior variedade de configurações do sinal a capturar, tal como é suportado no padrão SMPTE 2110. Isto é, deve-se suportar também fontes que tenham só vídeo ou só áudio, mas também fontes que disponham de dados auxiliares ou mais de uma faixa de áudio. É preciso também rever a geração de sinal aquando da não existência de fonte de sinal assim como a necessidade de reiniciar serviços aquando da mudança de configuração.

Já do ponto de vista de usabilidade os testes feitos no capítulo anterior revelaram que existem aspetos que, se melhorados, podem levar a um aumento na usabilidade geral do sistema. Estas características são principalmente a necessidade de aprendizagem para tirar o maior proveito do sistema e a falta de ajuda para usar o mesmo. Ambos estes fatores estão relacionados com a novidade do uso da tecnologia na empresa e na própria indústria em si. O padrão SMPTE 2110 ainda se entra em fase de adoção pelo setor do Broadcast, sendo bastante diferente dos sistemas SDI usado anteriormente, pelo que é normal que ainda exista a necessidade de aprendizagem por parte dos operadores, mas é algo que deve ser revisto para o futuro desenvolvimento do produto.

Por último, no futuro, deverá ser realizado um segundo teste de usabilidade abrangendo mais inquiridos, de preferência externos à empresa, isto pode ser feito aquando de uma instalação num cliente de modo a ter os resultados mais credíveis possíveis por parte do utilizador final do sistema.

Todas estes pontos de futuro desenvolvimento são muito relevantes tanto em termos temporais como tecnológicos. A transição SMPTE 2110 está a decorrer neste momento e,

portanto, todos os aperfeiçoamentos feitos e dados obtidos apenas fortalecerão o produto que a empresa disponibilizará aos seus clientes.



# Referências

- A.Koen, P., M.Ajamian, G., Boyce, S., Clamen, A., Fisher, E., Fountoulakis, S., . . . Seibert, R. (2002). *Fuzzy Front End: Effective Methods, Tools, and Techniques*. Obtido em fevereiro de 2021, de Semantic Scholar: <https://www.semanticscholar.org/paper/1-Fuzzy-Front-End-%3A-Effective-Methods-%2C-Tools-%2C-and-Koen-Ajamian/e6b921c6125984aede5285e23f23b03efa95b967#citing-papers>
- Aleksandersen, D. (2017, dezembro 11). *WHAT IS NDI® (NETWORK DEVICE INTERFACE)?* Retrieved janeiro 2021, from News & Views: <https://newsandviews.dataton.com/what-is-ndi-network-device-interface>
- Aleksandersen, D. (3 de maio de 2018). *WHAT IS SDI?* Obtido em dezembro de 2020, de News & Views: <https://newsandviews.dataton.com/what-is-sdi>
- Ashford, H. (30 de julho de 2015). *IP driving changes in broadcast industry*. Obtido em fevereiro de 2021, de TVB Europe: <https://www.tvbeurope.com/features/ip-driving-changes-competitive-broadcast-industry-nab-survey-results-revealed>
- Celebro*. (28 de março de 2019). Obtido em dezembro de 2020, de Video Ingestion: The Key To Production Success: <https://celebromedia.com/video-ingestion/>
- EDITSHARE FLOW & ARCHIWARE P5 ARCHIVE*. (s.d.). Obtido em dezembro de 2020, de ARCHIWARE: <https://p5.archiware.com/solutions/editshare>
- Explore Our 12G Solutions*. (s.d.). Obtido em dezembro de 2020, de AJA: <https://www.aja.com/solutions/12g>
- Fresh insights into the state of IP and Cloud adoption in the broadcast industry*. (7 de maio de 2020). Obtido em fevereiro de 2021, de TVB Europe: <https://www.tvbeurope.com/ip-migration/fresh-insights-into-the-state-of-ip-and-cloud-adoption-in-the-broadcast-industry>
- Gallier, E. (20 de abril de 2020). *View All Posts The Migration Path to All-IP Infrastructures The Migration Path to All-IP Infrastructures*. Obtido em fevereiro de 2021, de Harmonic: <https://www.harmonicinc.com/insights/blog/migration-path-to-all-ip-infrastructures/>
- Gilbert, M. (s.d.). *Sienna NDI Insider Know-How Series*. Obtido em janeiro de 2021, de Sienna TV: <http://www.sienna-tv.com/ndi/knowhowhx2.html>
- Goldman, M. (2018, janeiro). *SMPTE ST 2110: IP Revolution's Next Step*. Retrieved Novembro 2020, from SMPTE Newswatch: <https://mailchi.mp/smpte/7cp02io51q-791673>

*HBRMT Encapsulation and FEC Committee.* (s.d.). Obtido em janeiro de 2021, de Video Services Forum: [https://www.videoservicesforum.org/HBRMT\\_Encap\\_and\\_FEC\\_Com.shtml](https://www.videoservicesforum.org/HBRMT_Encap_and_FEC_Com.shtml)

*How Video Over IP Works.* (s.d.). Obtido em dezembro de 2020, de Telestream: <https://www.telestream.net/video/solutions/how-video-over-ip-works.htm>

*IP Virtual Card software framework for ST2110 video streaming.* (s.d.). Obtido em fevereiro de 2021, de Deltacast: <https://www.deltacast.tv/products/developer-products/software-ip-products/virtual-product/ip-virtual-card>

*KONA IP Transport, Capture, Display.* (s.d.). Obtido em fevereiro de 2021, de AJA: [https://www.aja.com/assets/support/files/5105/en/AJA\\_Manual\\_KONA-IP\\_v15.0.pdf](https://www.aja.com/assets/support/files/5105/en/AJA_Manual_KONA-IP_v15.0.pdf)

Laabs, M. (2012). *SDI over IP.* Obtido em dezembro de 2020, de EBU: [https://tech.ebu.ch/docs/techreview/trev\\_2012-Q4\\_SDI-over-IP\\_Laabs.pdf](https://tech.ebu.ch/docs/techreview/trev_2012-Q4_SDI-over-IP_Laabs.pdf)

*lançamentos SIC IP maior centro de produção na Europa SMPTE 2110.* (4 de abril de 2019). Obtido em janeiro de 2021, de Panorama Audiovisual: <https://www.panoramaaudiovisual.com/pt/2019/04/04/sic-mayor-centro-de-produccion-ip-smpte-2110-europa/>

Matrox. (2021). *Matrox DSX Developer.*

Matrox. (n.d.). *X.mio5 Q25.* Retrieved from Matrox: <https://www.matrox.com/en/video/products/broadcast-media/st2110-nic-cards/xmio5-q25>

*NDI Encoding/Decoding.* (s.d.). Obtido em janeiro de 2021, de NewTek: <https://support.newtek.com/hc/en-us/articles/218109667-NDI-Encoding-Decoding>

Olson, G. (2018, novembro 27). *Implementing PTP aka SMPTE ST 2110-10.* Retrieved janeiro 2021, from The Broadcast Bridge: <https://www.thebroadcastbridge.com/content/entry/12375/implementing-ptp-aka-smpte-st-2110-10>

Sauro, J. (2 de fevereiro de 2011). *Measuring u.* Obtido em fevereiro de 2021, de MEASURING USABILITY WITH THE SYSTEM USABILITY SCALE (SUS): <https://measuringu.com/sus/>

Simpson, W. (2017, outubro 18). *What SMPTE-2110 Means for Broadcasters.* Retrieved fevereiro 2021, from tvtech: <https://www.tvtechnology.com/news/what-smpte2110-means-for-broadcasters-by-wes-simpson>

Simpson, W. (2020, junho 6). *Updated ST 2110 Diagram.* Retrieved janeiro 2021, from Learn Ip Video: <https://www.learnipvideo.com/post/updated-st-2110-diagram>

*SMPTE ST 2022-2.* (s.d.). Obtido em dezembro de 2020, de IABM Glossary of Terms is: <http://iabmglossary.com/glossary/smpte-2022-2/>

*Standards for media transport over IP*. (7 de abril de 2016). Obtido em dezembro de 2020, de Nevion:  
<https://nevision.com/resources/standards/standards/>

Steve. (2019, novembro 29). *The TCP/IP Model and Protocol Suite Explained for Beginners*. Retrieved janeiro 2021, from Steve's Internet Guide: <http://www.steves-internet-guide.com/internet-protocol-suite-explained/>

Suard, O. (2019, junho 26). *What's Driving the Move to IP?* Retrieved novembro 2020, from tvtech:  
<https://www.tvtechnology.com/opinions/whats-driving-the-move-to-ip>

Technology, T. (2018, Abril). *Matrox X.mio5 Q25 SMPTE 2110 Network Card Winner of the NewBay Best of Show Award from TV Technology*. Retrieved from Matrox:  
<https://www.matrox.com/en/video/media/industry-recognition/matrox-xmio5-q25-smpte-2110-network-card-winner-newbay-best-show>

*THE BROADCASTER'S GUIDE TO SMPTE 2022*:. (outubro de 2014). Obtido em janeiro de 2021, de Artel:  
<https://www.artel.com/wp-content/uploads/2019/01/Broadcasters-Guide-to-SMPTE-2022.pdf>

TVTechnology. (2014, janeiro 13). *What is ... Ingest?* Retrieved novembro 2020, from tvtech:  
<https://www.tvtechnology.com/news/what-is-ingest>

Vargas, R. V. (2010). *Using the analytic hierarchy process (ahp) to select and prioritize projects in a portfolio*. Retrieved fevereiro 2021, from Project Management Institute:  
<https://www.pmi.org/learning/library/analytic-hierarchy-process-prioritize-projects-6608>

*What is NDI|HX2? NDI|NDI|HX/NDI|HX2 difference*. (s.d.). Obtido em janeiro de 2021, de ProgrammerSought: <https://www.programmersought.com/article/26694456618/>

*What is SMPTE 2110 and NMOS all about?* (16 de julho de 2019). Obtido em janeiro de 2021, de NetInsight: <https://netinsight.net/resource-center/blogs/what-is-smpte-2110-and-nmos-all-about/>

*What is the Internet Protocol?* (s.d.). Obtido em dezembro de 2020, de CloudFlare:  
<https://www.cloudflare.com/learning/network-layer/internet-protocol/>





# Anexo 1 - Glossário

**Ancillary Data (ANC):** dados adicionados a outros dados, transportados da mesma forma. Em televisão tudo o que não é vídeo é considerado ANC, sendo o principal exemplo os metadados como legendas, *marker*, etc.

**Bayonet Neill Concelman Connector (BNC):** é um conector para cabos coaxiais, em aplicações que necessitam de um conector rápido e de impedância constante. Muito utilizado em equipamentos de rádio de baixa frequência, equipamentos de vídeo vigilância e em instrumentos de medição.

**Digital Visual Interface (DVI):** uma interface de vídeo usada para conectar uma fonte de vídeo a um dispositivo reproduzidor de vídeo, como um computador pessoal ou um monitor. Foi desenvolvida com a intenção de criar um padrão industrial para a transferência de conteúdos de vídeos em meio digital.

**Framerate:** unidade de medida da cadência com que as frames ou imagens de um vídeo são apresentadas, normalmente apresentada com fps (frames por segundo).

**High bit rate media transport (HBRMT):** é um padrão para encapsulamento de dados de serviços de transmissão de vídeo com uma alta taxa de bits ( até 3 Gbit/s) em redes de computadores.

**High-Definition Multimedia Interface (HDMI):** é uma interface de transmissão de vídeo totalmente digital capaz de transmitir dados não comprimidos tornando-se assim uma alternativa melhorada aos padrões analógicos.

**Internet Protocol (IP):** protocolo de comunicação usado entre dispositivos na mesma rede para a transmissão de dados.

**Network Device Interface (NDI):** é um protocolo gratuito para a transmissão de vídeo desenvolvido pela Newtek e introduzido em 2015. Foi desenvolvido com o intuito de reduzir os custos e a necessidades de hardware específico das tecnologias desenvolvidas até então.

**Metadados:** São dados sobre outros dados. Um metadado é informação acessória sobre um outro dado, geralmente uma informação perceptível por um computador e que permite o melhor entendimento entre ambos.

**Precision Time Protocol (PTP):** é um protocolo usado para sincronizar os relógios através de uma rede de computadores alcançando uma precisão de um relógio na faixa de sub-microssegundos, adequado para sistemas de medição e controle. É usado em sistemas como torres de redes móveis e transações financeiras.

**Real-time Transport Protocol (RTP):** protocolo de comunicação, fazendo parte da camada de transporte de uma rede de computadores. Define como deve ser feita a fragmentação dos dados de modo que a transmissão seja mais rápida sem a perda de dados.

**Serial Digital interface (SDI):** é uma família de interfaces para a transmissão de vídeo que é utilizados em ambientes televisivos e que foi primeiro normalizado pela SMPTE.

**Society of Motion Picture and Television Engineers (SMPTE):** associação mundial e profissional de engenheiros, executivos e outros profissionais que trabalham na indústria da televisão e entretenimento. É principalmente reconhecida internacionalmente pelos standards que publica relacionados com a cinematografia, a televisão e o mundo do broadcast.

**Software Development Kit (SDK):** é um conjunto de ferramentas de desenvolvimento de software que permite a criação de sistemas para uma determinada plataforma de hardware, sistema de computador, sistema operacional ou plataforma de desenvolvimento semelhante.

**Standard (ST):** significa padrão ou norma utilizado e desenvolvido para ser usado pelo maior número de pessoas.

**Transmission Control Protocol (TCP):** protocolo de comunicação, inserido na camada de transporte de uma rede de computadores. Tem como principal responsabilidade a confiabilidade da transmissão de dados, ou seja, se é feita na sequência certa e se existe erros dentro dos pacotes.

**User Datagram Protocol (UDP):** é um protocolo simples da camada de transporte. Ele permite que a aplicação envie um datagrama encapsulado num pacote IP para um destino, porém não possui qualquer tipo de garantia que o pacote chegue.

## Anexo 2 - Questionário

### Teste de usabilidade do Gloobox Capturer 2110



1. Acho que usaria o sistema frequentemente

1 2 3 4 5

2. Achei a solução desnecessariamente complexa

1 2 3 4 5

3. Considero que o produto final é fácil de usar

1 2 3 4 5

4. Senti a necessidade de ter ajuda para o uso do sistema

1 2 3 4 5

5. Achei que os vários aspetos do sistema estavam bem integrados

1 2 3 4 5

6. Encontrei inconsistência no produto

1 2 3 4 5

7. Considero que qualquer pessoa consegue aprender a usar o sistema facilmente

1 2 3 4 5

8. Achei que o sistema era incómodo de ser usado

1 2 3 4 5

9. Senti-me confiante para usar este sistema

1 2 3 4 5

10. Senti que é necessária uma aprendizagem para o uso do sistema

1 2 3 4 5

Submeter

## Anexo 3 – Cálculo de SUS

### Grupo com Demonstração

Inquirido \ Questão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0-40	SUS
1	4	1	5	2	3	2	3	1	4	4	29	72.5
2	4	2	5	3	4	2	4	1	3	3	29	72.5
3	5	2	5	2	4	1	3	2	4	4	30	75
4	4	1	4	3	3	1	3	2	4	4	27	67.5
5	4	1	4	3	4	2	4	1	3	3	29	72.5
											Média:	72

### Grupo sem Demonstração

Inquirido \ Questão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0-40	SUS
1	3	1	4	2	3	1	3	1	4	3	29	72.5
2	4	2	4	3	4	1	3	2	3	4	26	65
3	5	1	4	2	4	2	3	1	3	4	29	72.5
4	4	2	5	3	4	2	3	2	4	4	27	67.5
											Média:	69.375