

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



CATEGORIA 3

REALIDADE AUMENTADA NA MANUTENÇÃO – APLICAÇÕES PRÁTICAS E
BENEFÍCIOS

AUTORES

Jean Marco Rodrigues Fini é Engenheiro Eletricista pela FEI com MBA em Excelência Gerencial pela Fundação Instituto de Administração (FIA). Profissional com mais de 35 anos de atuação na Companhia do Metropolitano de São Paulo nas áreas de Manutenção Preventiva, Corretiva, Restabelecimento em sistemas Elétricos, Eletrônicos, Sinalização e Telecom, onde, atualmente, é Coordenador da Engenharia de Manutenção de Equipamentos Elétricos e Eletromecânicos. Possui ampla experiência em Gestão de Projetos para implantações nas Linhas Metroviárias e coordena a Subcomissão Permanente de Segurança para Sistemas de Alimentação Elétrica e Auxiliares.

Ruan Streitenberger Guedes é Engenheiro Eletricista pela Faculdade Cidade de São Paulo em 2013. Em 2020, conclui Pós-Graduação em Eficiência Energética pelo SENAI-SP, com módulo de extensão na RWTH, em Aachen na Alemanha. Trabalhou nas áreas de manutenção de material rodante e projetos na Companhia do Metropolitano de São Paulo, onde, atualmente, é Engenheiro Especializado na Engenharia de Manutenção.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



Cursa, no momento presente, mestrado em Engenharia Elétrica na área de concentração de Sistemas de Potência na Escola Politécnica da USP- EPUSP.

Gustavo Faria de Castro é Engenheiro Mecânico, Tecnólogo em Mecânica com ênfase em Projetos e Técnico em Mecânica. Profissional com cerca de 10 anos de experiência na Manutenção e Gerenciamento de Ativos, tendo atuado com a otimização de processos de manutenção, engenharia de confiabilidade e especificação de equipamentos, serviços e projetos.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



1. INTRODUÇÃO

A indústria 4.0, através da combinação de diferentes tecnologias, têm promovido impactos significativos nos modelos de negócio das corporações no Brasil e no mundo, contribuindo em grande parte para a transformação digital global percebida nos diferentes setores da economia, especialmente o industrial (Rossi, 2018). Diversas são as tecnologias responsáveis por esse movimento e que estão incluídas neste contexto de maior eficiência e performance, sendo que a Realidade Aumentada (RA) é umas das principais e com maior potencial disruptivo (Masoni, 2017).

A Realidade Aumentada (RA) consiste na projeção de uma camada digital no mundo físico, integrando o ambiente físico real com detalhes virtuais para aprimorar ou aumentar a experiência do mundo real. Sendo assim, com o auxílio de dispositivos apropriados (Smartphones, Tablets e SmartGlasses) estes detalhes virtuais parecem coexistir no mesmo espaço que o mundo real, potencializando as capacidades e o acesso às informações, trazendo agilidade e rastreabilidade, entre outros benefícios (Figura 1).

A adoção desse recurso não só manutenção, mas no contexto industrial como um todo, inclusive nos processos operacionais, busca promover a sustentabilidade dos negócios através do aumento da eficiência dos processos e melhoria da confiabilidade dos sistemas e equipamentos, associado a uma significativa redução dos custos operacionais.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



Figura 1 – Aplicação da RA através de dispositivos de Interface Gráfica

Embora a Realidade Aumentada seja uma tecnologia emergente com avanço e desenvolvimento exponenciais, a sua aplicação concreta, especialmente no setor Metroferroviário nacional, ainda não atingiu a maturidade, sobretudo pela incerteza das corporações quanto aos benefícios e retornos proporcionados pela adoção deste recurso. Por essa razão, foi desenvolvido um chamamento público com o foco de obter ampla prospecção do mercado e avaliar técnica e economicamente soluções de transformação digital através da utilização de Realidade Aumentada. Diversas empresas manifestaram interesse em participar do processo, que contou, inclusive, com o

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



desenvolvimento de aplicações para uma prova de conceito que aconteceu em uma das Subestações Retificadoras da Companhia do Metropolitano de São Paulo – Metrô.

O objetivo do presente trabalho é discorrer sobre a tecnologia de Realidade Aumentada, suas aplicações e principais benefícios, apresentando o processo e os resultados obtidos com o chamamento público, realizado pela Companhia do Metropolitano de São Paulo, voltado a obtenção de subsídios para implantação deste recurso nos processos de Manutenção e Operação.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



2. DIAGNÓSTICO

2.1. REALIDADE AUMENTADA

A Realidade Aumentada (RA) têm sido um tópico recorrente de pesquisa acadêmica há cerca de 50 anos, no entanto, foi somente nos últimos 10 anos, com progressos expressivos nos softwares e hardwares, que a tecnologia passou a ser empregada fortemente na indústria (Palmarini, 2018).

Em 2021, o tamanho do mercado global de Realidade Aumentada atingiu 25,33 bilhões de dólares e estima-se que esse mesmo mercado se expanda a uma taxa composta de crescimento anual (CAGR) de 40,9% de 2022 a 2030, onde atingirá cerca de 597,54 bilhões de dólares. O mercado tem percebido que as interfaces que a RA proporciona aprimoram o ambiente de trabalho e otimizam a eficiência operacional, oferecendo benefícios significativos em termos de eficiência, produtividade e segurança (Grand View Research, 2023). Soma-se a esse cenário animador a grande proliferação dos dispositivos portáteis (*Smartphones, Tablets e SmartGlasses*) nos parques industriais, a redução dos custos de implantação, a digitalização de processos e o avanço de outras tecnologias emergentes, o que nos encaminhará para uma indústria cada vez mais digital, conectada e inteligente.

Esse crescimento exponencial pode ser creditado a busca e adoção da tecnologia por vários setores da indústria, desde o automotivo, passando por saúde, educação, construção, logística, serviços, entre outros. Em 2022, o segmento de Indústria e

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS

Manufatura foi o que apresentou a maior parcela do mercado total e o se destacou pela maior taxa de crescimento, respondendo por cerca de 24% do mercado. No entanto, percebe-se que outros segmentos até então pouco explorados, como saúde e educação, também vêm contribuindo positivamente com o crescimento observado, o que nos mostra um certo equilíbrio entre os diferentes setores da economia quando se trata de RA, aumentando ainda mais as expectativas apontadas. A Figura 2 ilustra a segmentação do mercado no ano de 2022 (Grand View Research, 2023).

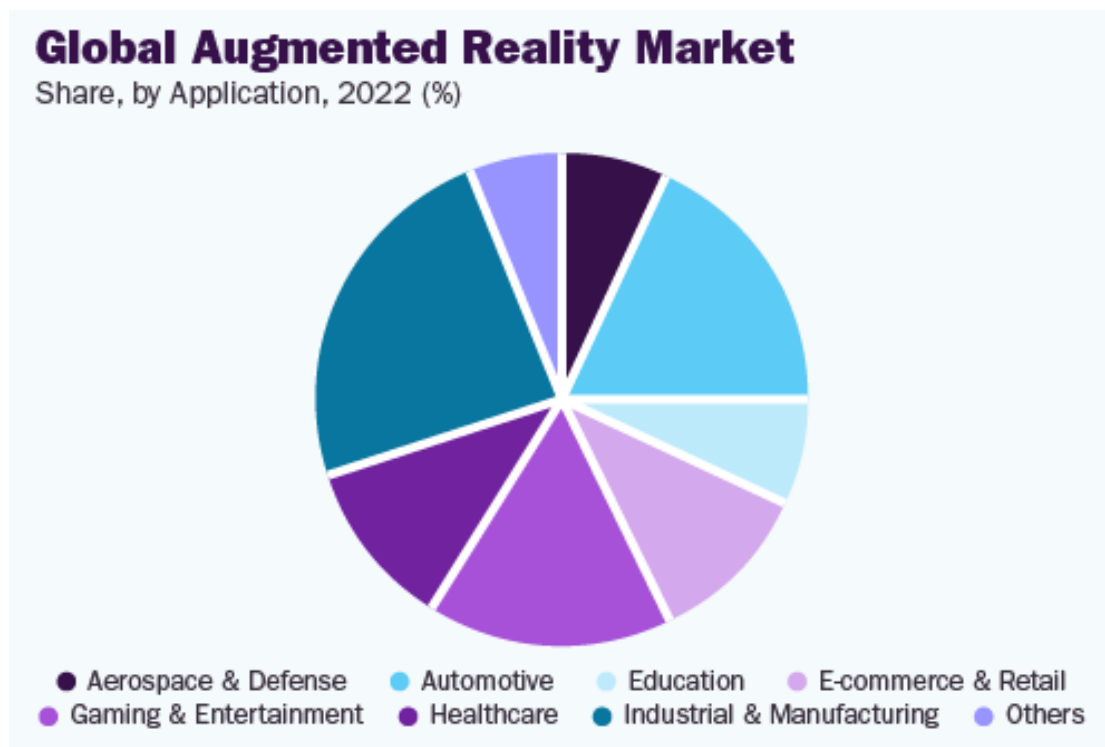


Figura 2 – Mercado Global de Realidade Aumentada

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



Apesar dos desafios que a implantação da RA exige, tais como mudança cultural, mudança em processos, entre outros, existem inúmeros benefícios proporcionados pela adoção dessa tecnologia, especialmente em processos de Manutenção e Operação Industriais, sendo que os principais são:

- a) Redução de 30% no MTTR (*Mean Time to Repair*)¹
- b) Aumento de 10% na produtividade²
- c) Redução no tempo de apontamento e aumento da confiabilidade nos registros
- d) Redução de Hxh com treinamento e melhora no aproveitamento do conteúdo
- e) Redução de Erros de Manutenção e Acidentes de Trabalho
- f) Ganhos à imagem e valorização da marca
- h) Redução de Documentos Impressos e desperdício de papel
- i) Gestão do conhecimento e propriedade intelectual no domínio das empresas

Esses benefícios quantitativos e qualitativos são materializados de diferentes formas, a depender do processo, da metodologia e da funcionalidade implementada, que pode ser basicamente dividida em quatro grandes grupos:

1 Diversos artigos, notícias e relatórios apontam para impactos no MTTR que vão de 9% de aumento a 77,8% de redução, assumindo, portanto, uma média de 30% de redução (Rossi, 2018).

2 O aumento de 10% na produtividade é uma estimativa, com base nos ganhos observados pelo mercado em diferentes aplicações, considerando a aplicação em processos de Manutenção e Operação (Kalsner & Schatsky, 2017);

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS

1º) Consulta a documentação técnica (vídeos, manuais, fotos, entre outros) e visualização de componentes internos dos equipamentos em RA



Figura 3 – Consulta a documentação técnica em RA

2º) Visualização de dados de sensoriamento pré-existent em RA e integração com aplicações, softwares e ERPs

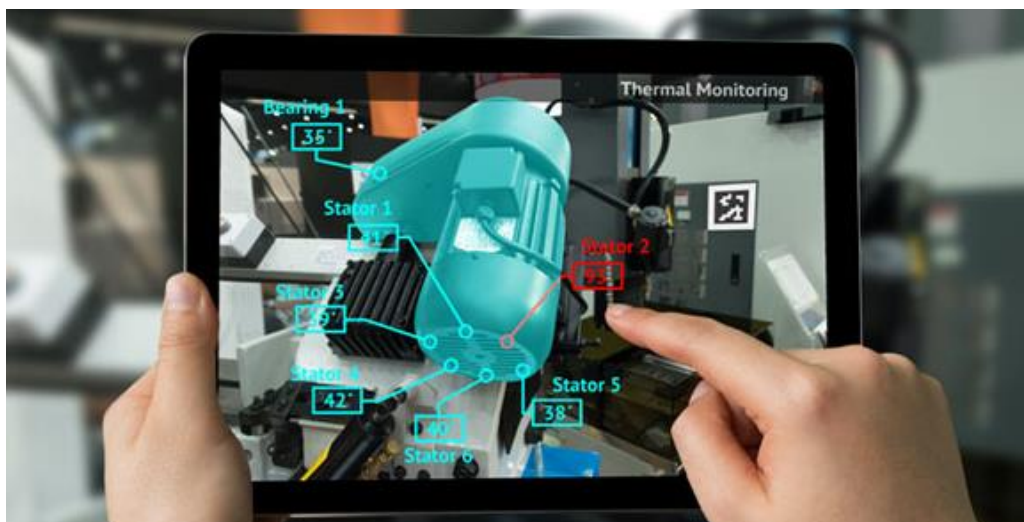


Figura 4 – Manutenção passo-a-passo em RA

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



3º) Realização de procedimentos, manutenções, operações e atividades guiadas passo-a-passo com RA



Figura 5 – Manutenção passo-a-passo em RA



Figura 6 – Manutenção passo-a-passo em RA

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS

4º) Interação de mantenedores e operadores de campo com especialistas via suporte remoto em RA



Figura 7 – Suporte Remoto com RA



Figura 8 – Suporte Remoto com RA

2.2. CHAMAMENTO PÚBLICO

Chamamento público pode ser definido como um procedimento feito pela administração pública para executar atividades ou projetos que tenham interesse público, através de parcerias com entidades privadas celebradas por meio de termos de colaboração, fomento ou acordo de cooperação. Embora semelhante, o Chamamento Público não é uma modalidade de licitação como aquelas estabelecidas nas Leis de Licitações.

A utilização do Chamamento Público especialmente em projetos de inovação tecnológica, como a Realidade Aumentada, cuja tecnologia ainda se encontra em disseminação, é extremamente eficaz pois permite uma avaliação das soluções e propostas inovadoras do mercado antes da contratação. Para a administração pública as principais vantagens desse procedimento são:

- Aproximação e conhecimento do mercado, das tecnologias disruptivas, das soluções inovadoras e dos desafios para implementação da tecnologia;
- Baixo custo sem geração de direito e/ou expectativa indenizatória;
- Avaliação dos benefícios quantitativos e qualitativos (viabilidade técnica-econômica);
- Teste e avaliação das soluções através de prova de conceito;
- Obtenção de subsídios técnicos para elaboração de futura contratação com maior assertividade;

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



Já para as entidades privadas parceiras, as principais vantagens do chamamento público são:

- Oportunidade de demonstrar e comprovar o valor das soluções, produtos e serviços ofertados, com a possibilidade, inclusive, ter o produto homologado para participação em futuras licitações;
- Oportunidade de conhecer as necessidades da Administração Pública e aprimorar os serviços e soluções ofertadas através da troca de experiências;

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Alinhado com os objetivos e expectativas do projeto, o chamamento público foi estruturado em duas etapas principais, a Exposição e a Elaboração do Estudo. A Exposição visava a aproximação e conhecimento do mercado, das tecnologias disruptivas, das soluções inovadoras e dos desafios para implementação da Realidade Aumentada, considerando as especificidades dos equipamentos e processos internos do Metrô. Já o estudo buscava a obtenção de subsídios técnicos para elaboração de futura contratação com maior assertividade e a avaliação dos benefícios quantitativos e qualitativos (viabilidade técnica econômica) das soluções propostas.

Ao todo 8 empresas manifestaram interesse na participação do processo, que ocorreu entre os meses de março e novembro de 2022.

3.1. EXPOSIÇÃO

As Exposições das soluções foram realizadas na Subestação Retificadora do Pátio Jabaquara (WPA), Bloco D1, utilizando como elemento de teste o cubículo B03 (Figura 9), um dos responsáveis pela alimentação do sistema de tração dos trens. Esse processo incluiu um teste controlado para avaliação de quatro requisitos e funcionalidades esperadas, bem como a avaliação da dificuldade de implementação de cada um. Foram eles:

- Capacidade de reconhecimento do equipamento, consulta a documentação técnica e visualização de componentes internos em RA

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS

- Capacidade de visualização de dados de sensoriamento pré-existente em RA
- Capacidade de realização de procedimento de manutenção passo-a-passo em RA
- Capacidade de interação de mantenedores com especialistas via suporte remoto em RA



Figura 9 – Fotografia frontal do Cubículo de Tração B03 em WPA

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



Para acompanhamento das Exposições foi formada uma Comissão Interna de Avaliação composta de representantes de diversas áreas da Companhia e outras partes interessadas, que tinham potencial direto e indireto de aplicação e utilização da Tecnologia de Realidade Aumentada em suas áreas de atuação. Visando a comparação das diferentes soluções, inclusive com uma análise das características técnicas, especificidades e diferenciais de cada empresa, a Comissão acompanhou todas as Exposições.

Além disso, as exposições foram abertas ao público Metroviário em geral com o objetivo de disseminar o uso e aplicação da tecnologia, uma vez que eles serão os usuários finais de uma eventual implantação. Da Figura 10 a Figura 13 são apresentadas fotografias das exposições realizadas.

Tanto para os representantes da Comissão interna de Avaliação como para os Metroviários em Geral que participaram das Exposições, foi encaminhada uma pesquisa através do Microsoft Forms de modo a compreender a reação dos colaboradores e a percepção de aplicação em suas áreas de atuação.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



Figura 10 – Fotografia 1 – Exposição de RA em WPA



Figura 11 – Fotografia 2 – Exposição de RA em WPA

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



Figura 12 – Fotografia 3 – Exposição de RA em WPA



Figura 13 – Fotografia 4 – Exposição de RA em WPA

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



3.2. ESTUDOS

Na etapa de estudos, cada empresa participante elaborou um relatório apresentando uma análise do mercado de RA, uma análise detalhada de cada etapa e funcionalidade testada na exposição, e um estudo de viabilidade técnico econômica para implantação no Metrô.

A análise de mercado permitiu que as empresas se apresentassem destacando os segmentos de atuação, infraestrutura disponível no Brasil e no Exterior, apresentação dos produtos e soluções ofertadas, compartilhamento de cases de implantação e posicionamento no mercado.

A análise detalhada da exposição além de minuciar cada um dos quatro requisitos propostos, trouxe a oportunidade de as empresas apresentarem tecnicamente as soluções e suas peculiaridades, diferenciais e limitações, esmiuçando as características relativas:

- Acesso, organização da documentação e visualização de conteúdo
- Capacidade, escalabilidade e tipo de licenciamento
- Tratamento e manipulação de dados
- Produção e desenvolvimento de conteúdo
- Operabilidade, usabilidade e interação com os operadores
- Conectividade, consumo de banda, etc.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



- Acesso, registro e controle de versão

Já a análise de viabilidade econômica buscou avaliar economicamente os custos e retornos estimados relacionados com a implantação das soluções propostas no Metrô. Com objetivo de ser possível a comparação entre as diferentes soluções apresentadas, foi elaborado um conjunto de parâmetros em que as proponentes deveriam se basear para elaboração das análises de viabilidade econômica. Visando ainda a avaliação dos efeitos econômicos da implantação a curto, médio e longo prazo, estes parâmetros estabeleceram três ondas/cenários, crescentes em relação a quantidade de equipamentos e procedimentos abrangidos (Tabela 1).

Tabela 1 – Resumo dos Cenários/Ondas

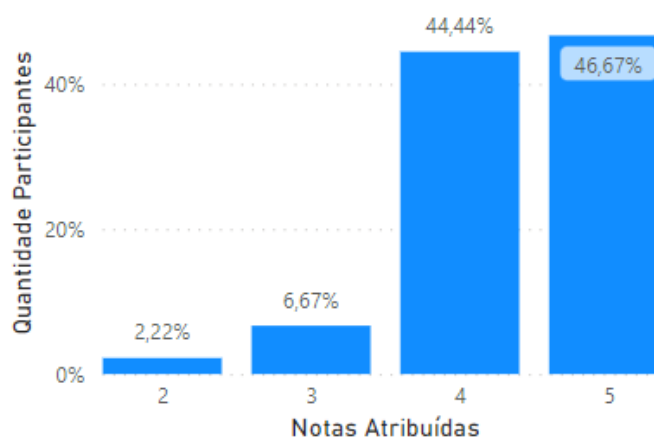
Cenário	Ativos/Sistemas	Qtd de equipamentos	Qtd total de procedimentos (preventiva e ajustes)
Onda 1 - Micro	Sistemas de Escadas Rolantes	600 equipamentos	85 procedimentos com 40 passos cada
Onda 1 - Micro	Disjuntores de 22 kV	730 equipamentos	33 procedimentos com 18 passos cada
Onda 2 - Médio	Sistemas de Escadas Rolantes	600 equipamentos	85 procedimentos com 40 passos cada
Onda 2 - Médio	Subestação Auxiliar (Média Tensão)	1766 equipamentos	100 procedimentos com 20 passos cada
Onda 2 - Médio	Sistemas de Bombas	400 sistemas	200 procedimentos com 23 passos cada
Onda 2 - Médio	Sistemas de Ventilação Principal	205 equipamentos	126 procedimentos com 21 passos cada
Onda 2 - Médio	Portas de Plataforma	228 equipamentos	42 procedimentos com 11 passos cada
Onda 2 - Médio	Bloqueio	800 equipamentos	20 procedimentos com 50 passos cada
Onda 3 - Macro	Sistemas de Escadas Rolantes	600 equipamentos	85 procedimentos com 40 passos cada
Onda 3 - Macro	Subestação Auxiliar (Média Tensão)	1766 equipamentos	100 procedimentos com 20 passos cada
Onda 3 - Macro	Sistemas de Bombas	400 sistemas	200 procedimentos com 23 passos cada
Onda 3 - Macro	Sistemas de Ventilação Principal	205 equipamentos	126 procedimentos com 21 passos cada
Onda 3 - Macro	Gerador Diesel	90 equipamentos	130 procedimento com 18 passos cada
Onda 3 - Macro	Portas de Plataforma	228 equipamentos	42 procedimentos com 11 passos cada
Onda 3 - Macro	Bloqueio	800 equipamentos	20 procedimentos com 50 passos cada
Onda 3 - Macro	Material Rodante (trem)	163 equipamentos	500 procedimentos com 18 passos cada

3.3. RESULTADOS OBTIDOS

3.3.1 Resultados das pesquisas - Exposição

Quanto ao potencial de aplicação da tecnologia de Realidade Aumentada (RA) aplicada a processos de manutenção, operação e treinamentos no Metrô, os participantes indicaram uma perspectiva favorável à aplicação da RA em seus processos de atuação, conforme Figura 14.

4,36
Média



(1 – Não aplicável / 5 – Totalmente aplicável)

Figura 14 – Potencial de aplicação RA

Já em relação à usabilidade dos hardwares com interface gráfica pode ser destacado os resultados positivos avaliados na utilização do Tablet, muito em função das dimensões do display, que permite uma melhor visualização dos detalhes projetados em RA e navegação em documentos (Figura 15).

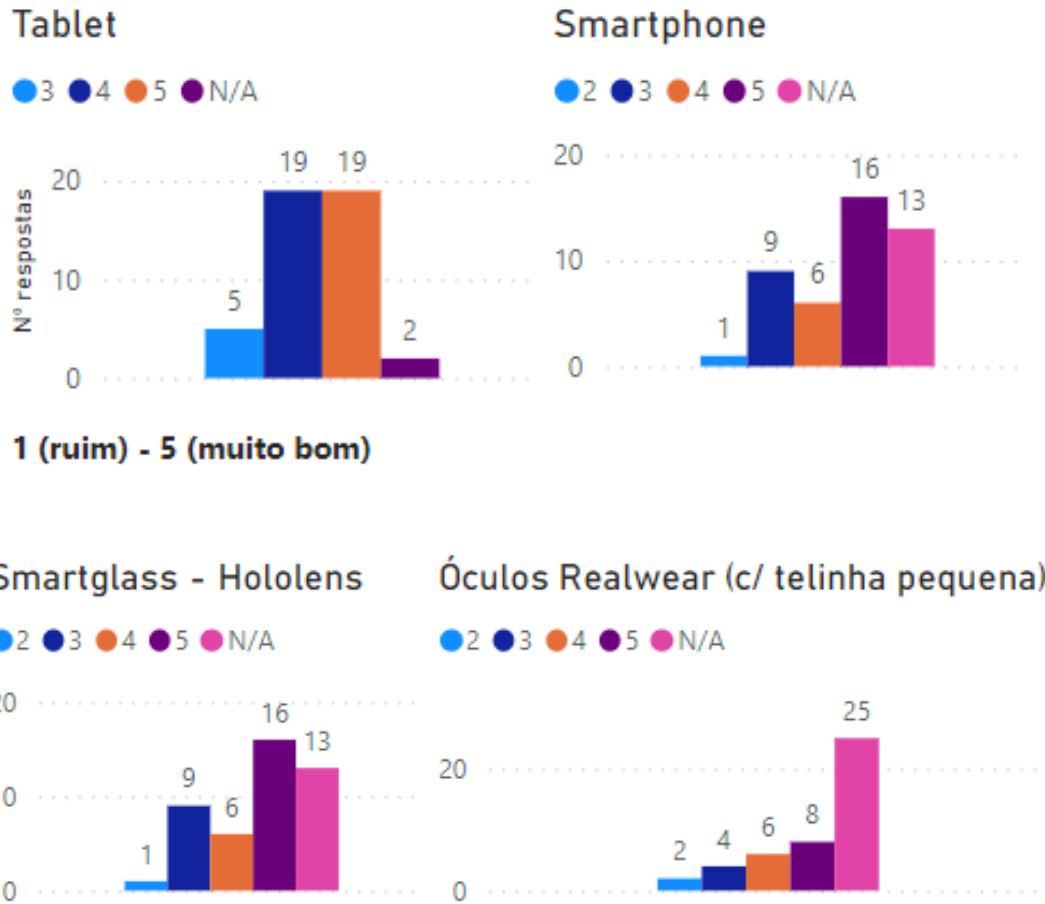


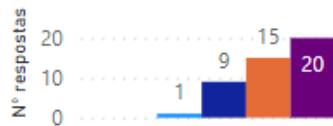
Figura 15 – Usabilidade hardwares com interface gráfica RA

Quanto às funcionalidades exploradas utilizando a tecnologia de RA, o que mostrou maior aplicabilidade pelas equipes foi a consulta a documentação técnica, reduzindo os déficits da falta de documentação e informações em campo, além de aumentar a eficiência de atuação das equipes (). A manutenção passo-a-passo e suporte remoto também se destacaram positivamente.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS

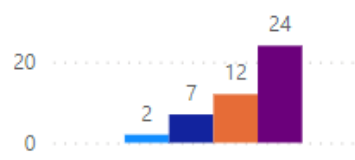
Capacidade de reconhecimento do equipamento

● 2 ● 3 ● 4 ● 5



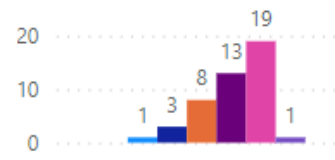
Consulta a documentação técnica

● 2 ● 3 ● 4 ● 5



Visualização de componentes internos

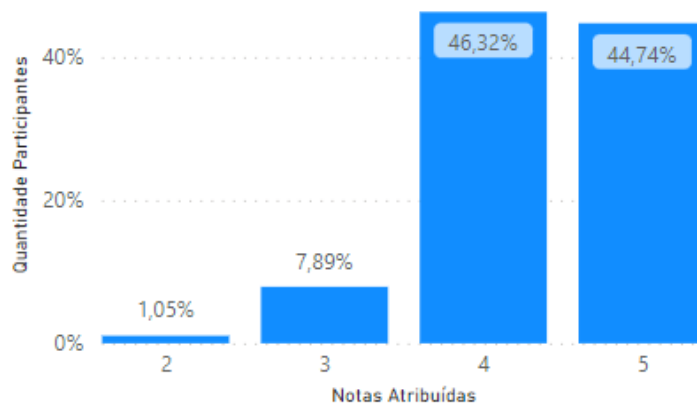
● 1 ● 2 ● 3 ● 4 ● 5 ● N/A



1 (ruim) - 5 (muito bom)

4,22

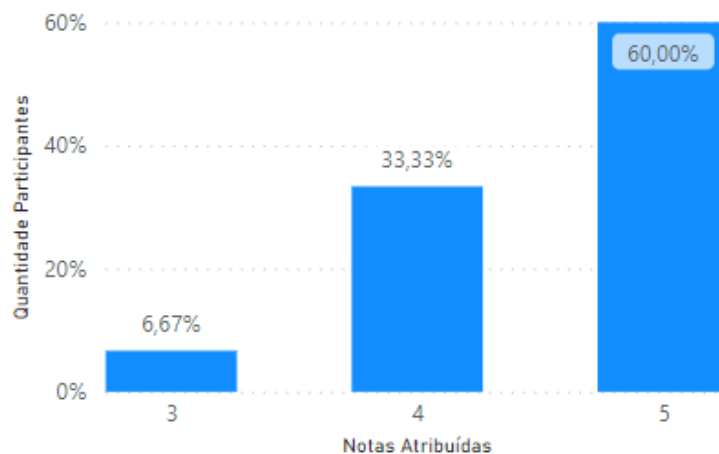
Classificação Média



Manutenção passo-a-passo em RA

4,53

Classificação Média



Suporte remoto em RA

Figura 16 – Funcionalidades RA

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS

Apesar da possibilidade de navegação por voz e gesto, foi observado que a utilização por clique/toque nos dispositivos acaba sendo o mais preferido, embora comandos por voz apresentem um resultado mais interessante quando é necessário ter as mãos livres para execução de determinada atividade.

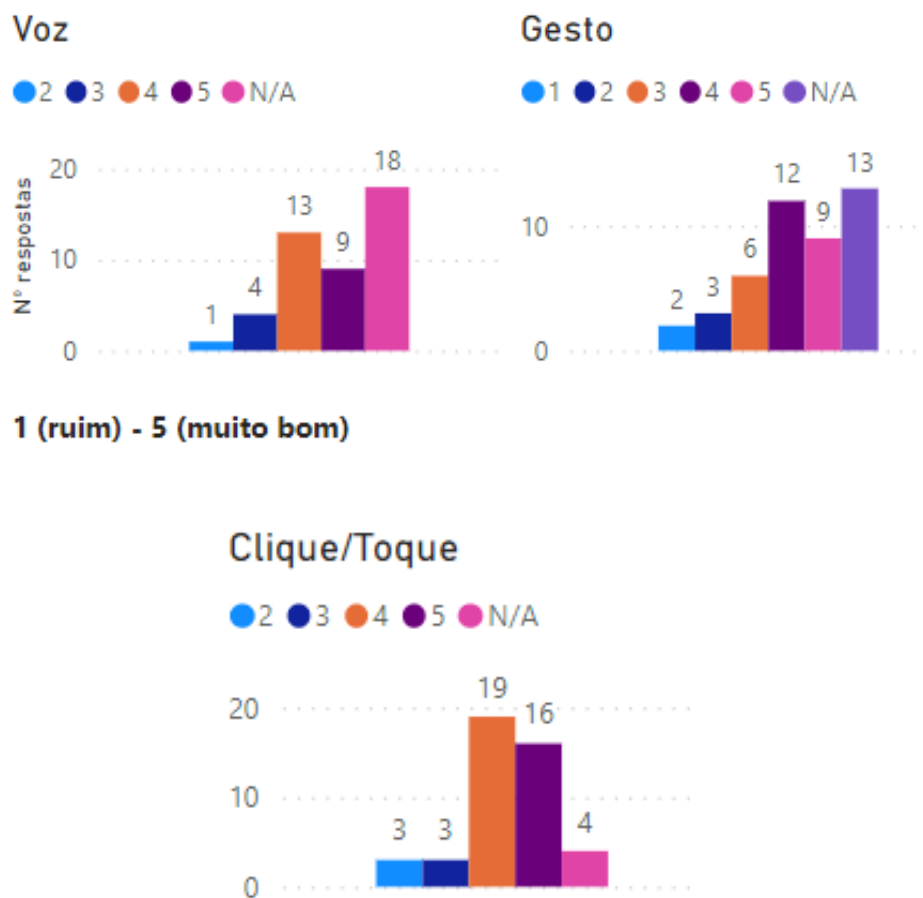


Figura 17 – Navegação nas aplicações de RA

Por fim, os participantes da exposição indicaram que o processo foi satisfatório e contribuiu não só para conhecer e disseminar a tecnologia, mas também para observar os potenciais de aplicação nos processos atuais bem como avaliar as dificuldades de implantação e uso da ferramenta.

4,20
Classificação Média

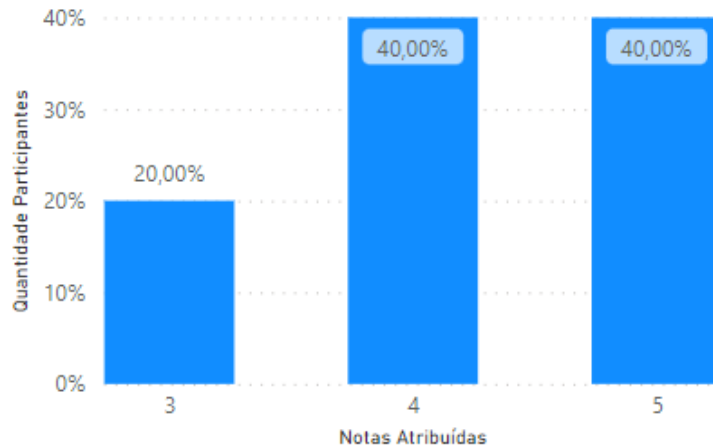


Figura 18 – Avaliação geral da exposição

3.3.2 Resultados dos Estudos – Análise Econômica

Os estudos entregues pelas empresas participantes apresentaram além da análise de mercado e análise detalhada da exposição um estudo de viabilidade econômica considerando a implantação nos especificados, conforme demonstrado na Tabela 1. Os principais benefícios em que as empresas se apoiaram para promover os estudos e análises foram:

- Redução de custos com treinamentos (internos e externos) e aceleração da proficiência (redução do tempo)
- Redução do tempo de trabalho autoral para revisão dos processos e instruções de trabalho
- Redução dos Custos de Manutenção
- Redução do Tempo de parada não planejada (MTTR)

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



- Redução dos custos com deslocamentos pelas equipes de campo
- Redução do Tempo de parada planejada (Manutenções preventivas)
- Melhoria no Tempo Médio entre Falhas (MTBF)
- Redução do Retrabalho
- Redução do Cancelamento de Ordens de Serviço
- Redução do tempo de Apontamento
- Redução do consumo de papel
- Aperfeiçoamento da Qualidade e uniformidade da informação
- Redução de Erros de Manutenção
- Redução de Acidentes de Trabalho
- Melhoria na Gestão do Conhecimento
- Melhoria da imagem, interna e externamente

O resultado econômico médio dos estudos apresentados está consolidado na Figura 19 e Figura 20, sendo que para o cálculo do ROI e PAYBACK descontados foi considerada uma taxa de atratividade de 10% ao ano.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS

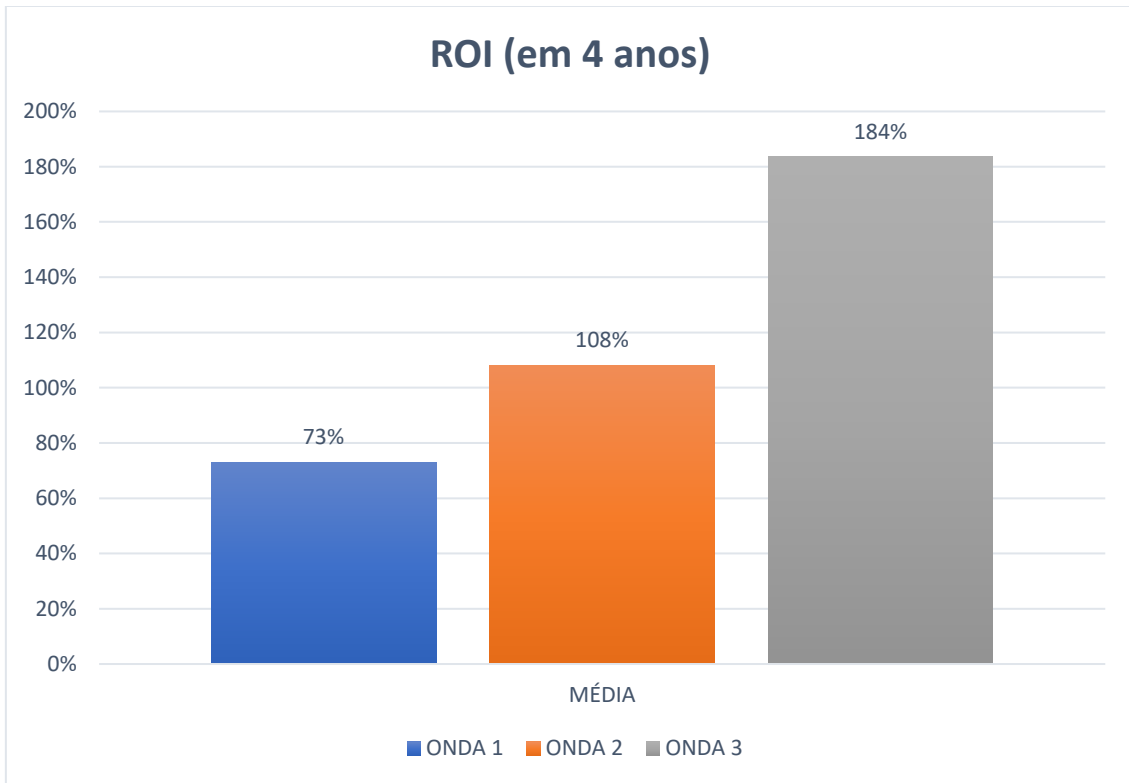


Figura 19 - Return of Investment (ROI) - 4 Anos

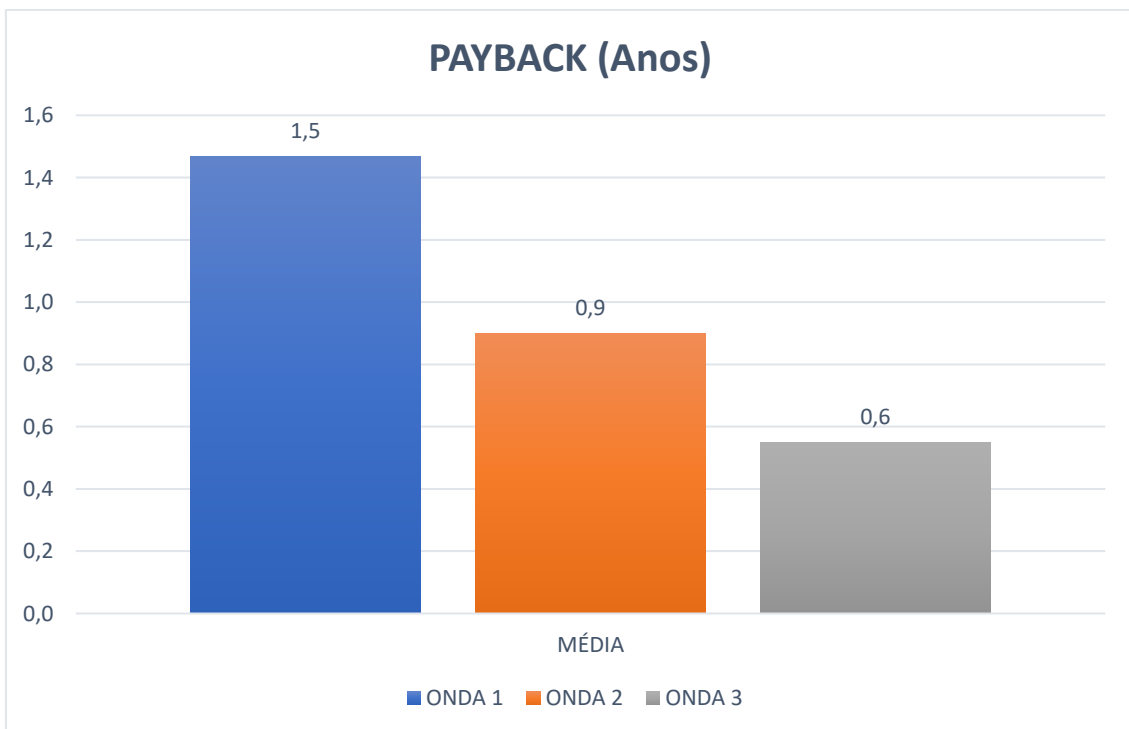


Figura 20 – Payback (Anos) - 4 Anos

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



4. CONCLUSÕES

A realização do Chamamento Público possibilitou uma aproximação e conhecimento dos principais tipos de soluções oferecidas pelo mercado, bem como as suas formas de elaboração/criação, execução, licenciamento, restrições, requisitos, possibilidades e limitações, dentre outras características específicas dos softwares de Realidade Aumentada.

As Exposições realizadas permitiram testes de cada uma das funcionalidades possíveis com a aplicação da tecnologia, possibilitando com isso avaliar quais delas apresentam maior relevância e tem maior potencial de ganho/aplicação com um menor custo de implantação. Além disso, cabe ressaltar que os testes foram desenvolvidos em um ambiente típico de atuação das equipes de manutenção e operação do Metrô, o que permitiu a comparação da execução de processos atuais com e sem o uso da tecnologia, avaliando diretamente os impactos, benefícios e dificuldades que uma eventual implantação poderia provocar.

Conforme os resultados consolidados e apresentados das pesquisas realizadas, tendo em vista que todo o desenvolvimento e execução das Exposições contou com a participação direta de colaboradores de diferentes áreas do Metrô, tanto aqueles que compuseram a equipe técnica como aqueles que tiveram curiosidade em conhecer um pouco mais sobre o projeto, foi possível obter uma percepção de como essas diferentes partes interessadas enxergam valor no projeto e conseqüentemente na aplicação na tecnologia em suas áreas e processos de atuação. Os resultados obtidos evidenciaram

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



uma positiva aceitação da aplicação da tecnologia pela grande maioria dos participantes em seus respectivos contextos de trabalho, demonstrando ainda quais funcionalidades ou dispositivos são mais aderentes e aplicáveis em cada cenário.

Os estudos apresentados, além de detalharem as soluções e o desenvolvimento da Exposição, trouxeram uma análise de viabilidade técnico econômica que nos permitiu entender como o mercado enxerga valor na aplicação da tecnologia e quais são as expectativas de benefícios, tanto quantitativos como qualitativos. Além disso, foi sugerido pelas empresas participantes alguns dos principais requisitos funcionais e não funcionais, que na visão deles, deveriam compor uma futura contratação pelo Metrô, provendo assim os subsídios técnicos necessários para que seja possível a elaboração de uma futura especificação e conseqüentemente futura contratação com maior assertividade.

Baseado nas informações técnico-econômicas dos estudos apresentados, conforme discorrido na Análise dos Resultados, pode-se concluir que os resultados médios esperados com a implantação se mostraram satisfatórios, com retornos e prazos expressivos, coerentes com publicações sobre o tema existentes.² (Forrester, 2019)

Há que se levar em consideração que embora os resultados apresentados e validados sejam vultuosos, por se tratar de aplicação de uma tecnologia inovadora, os benefícios indicados somente serão de fato observados e colhidos na prática, após uma certa

² O estudo de impacto econômico na implantação do software Vuforia da empresa PTC, apresentado no relatório da Forrester em julho de 2019, indicou um ROI de 172% em 3 anos com Payback menor do que 6 meses.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



maturidade referente a consolidação da aplicação da tecnologia nos processos, o que exigirá uma aceitação e mudança cultural a ser absorvida pelo Metrô e seus colaboradores.

Por fim, conclui-se que o Chamamento Público foi uma etapa imprescindível para a continuidade e amadurecimento dos objetivos do projeto, de modo que nos permitirá construir um modelo de negócio que seja viável, sustentável e mais apropriado a realidade do Metrô, contribuindo para a redução de custos e aumento da eficiência nos processos.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Forrester. (2019). *The Total Economic Impact of PTC Vuforia*.

Grand View Research. (2023). *Augmented Reality Market Growth & Trends*. Grand View Research.

Grand View Research. (2023). *Augmented Reality Market Size, Share & Trends Analysis Report By Component (Hardware, Software), By Display (Head-Mounted Display, Smart Glass, Head-Up Display, Handheld Devices), By Application, By Region, And Segment Forecasts, 2023 - 2030*. Grand View Research.

Kalser, R., & Schatsky, D. (2017). *Delloite Insights*. Fonte: Delloite:
<https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/signals-for-strategists/augmented-and-virtual-reality-enterprise-applications.html>

Masoni, R. e. (2017). Supporting Remote Maintenance in Industry 4.0 through Augmented Reality. *Procedia Manufacturing*.

Palmarini, R. (2018). A Systematic Review of Augmented Reality applications in Maintenance.

Rossi, C. e. (2018). Realidade Aumentada e Eficiência na Manutenção Industrial: Uma Revisão Sistemática. *IV SIINTEC & VIII PTI 2018 - SENAI CIMATEC*.