

**SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E APRENDIZAGEM DE
MÁQUINA NA GESTÃO DA PRODUTIVIDADE DE EQUIPES
DE CAMPO DE TELECOMUNICAÇÕES**

Carlos Alberto de Oliveira Ramires

Orientador: Fábio Favaretto



UNIFEI
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
Instituto de Engenharia de Produção e Gestão
Programa de Pós-Graduação e Administração
Mestrado Profissional em Administração

Carlos Alberto de Oliveira Ramires

SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E APRENDIZAGEM DE MÁQUINA NA
GESTÃO DA PRODUTIVIDADE DE EQUIPES DE CAMPO DE
TELECOMUNICAÇÕES

Itajubá

2025

Carlos Alberto de Oliveira Ramires

**SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E APRENDIZAGEM DE MAQUINA NA
GESTÃO DA PRODUTIVIDADE DE EQUIPES DE CAMPO DE
TELECOMUNICAÇÕES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Federal de Itajubá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre(a) em Administração.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Favaretto

Itajubá

2025

Dedico este trabalho aos meus filhos Gabriel e Carolina e à minha adorável esposa e companheira Lívia, como exemplo de que sempre é tempo.

AGRADECIMENTOS

A todo o corpo docente do Instituto de Engenharia de Produção e Gestão e à Diretoria da UNIFEI, agradeço a dedicação e por criarem a oportunidade da formação de profissionais em um programa dedicado à não acadêmicos. Ao meu orientador Prof. Dr. Fábio Favaretto, agradeço pelas direções e pelo incentivo. Agradeço especialmente à Professora Dra. Mirian Motta Melo, amiga de mais de quarenta anos, que em um feliz reencontro me apresentou esta oportunidade.

Agradeço a todos aqueles que acreditaram em mim e especialmente aos que não acreditaram, pois foram eles que me motivaram a demonstrar que sempre é tempo de se superar.

“Se fosse fácil não era divertido”.
(autor desconhecido)

RESUMO

A utilização de sistemas de informação na gestão da produtividade de equipes de campo é um caminho natural para a solução dos diversos desafios para a evolução das práticas gerenciais nas empresas de serviços. Estes desafios são relevantes nos setores que se utilizam de equipes de campo como telecomunicações, energia, logística, saneamento ou manutenção. As equipes de campo de telecomunicações são responsáveis por grande parte do trabalho operacional e têm um impacto significativo na satisfação do cliente, afetando diretamente o desempenho financeiro das empresas. Um sistema para substituir o controle coercitivo de equipes de supervisão de despacho, precisa ter inteligência para cruzar dados de diversos mecanismos de monitoramento aprendendo com o comportamento das equipes e estimulando as pessoas a colaborarem naturalmente com informações. A questão a ser respondida na pesquisa é como monitorar a produtividade das atividades de pessoas em trabalho autônomo e remoto. O objetivo principal deste trabalho consiste em desenvolver um modelo, utilizando aprendizagem de máquina no reconhecimento de imagens, para a implementação de um sistema de informação no monitoramento da execução de serviços de empresas de telecomunicações. Para isso foram realizados o mapeamento dos processos mais importantes do atendimento de equipes de campo de telecomunicações e a descrição detalhada das oportunidades de coleta de dados úteis para este monitoramento. A metodologia de pesquisa adotada foi a CRISP-DM nas suas seis fases que compreendem: entendimento do problema, entendimento dos dados, preparação dos dados, modelagem, avaliação e aplicação. Como resultado, a pesquisa contribui com uma abordagem de monitoração de produtividade de forma automática, com o mínimo de requerimentos do operador e aderência das equipes de forma orgânica e sistêmica. Além da apresentação de modelos de implementação do sistema proposto.

Palavras-chave: Produtividade, Produtividade em serviços, Equipes de campo, aprendizado de máquina.

ABSTRACT

The appliance of information systems in managing the productivity of field teams is a natural way to solve the various challenges for the evolution of management practices in service companies particularly in sectors that use field teams such as telecommunications, energy, logistics, sanitation, or maintenance. Field teams are responsible for much of the operational work and have a significant impact on customer satisfaction, directly affecting the company's financial performance. A system to replace the coercive control of dispatch supervision teams needs to have the intelligence to cross data from different monitoring mechanisms, learning from the behavior of the teams and encouraging people to collaborate naturally with information. The question to be answered in the research is how to monitor activities productivity of people in autonomous and remote work. The main objective of this work is to develop a model, using machine learning in image recognition, to the implementation of an information system for monitoring the service provision process of telecommunications companies. To this end, it presents a most important processes of telecommunications field service mapping and a detailed description of collecting useful data opportunities. The research methodology adopted was CRISP-DM in its six phases that include: understanding the problem, understanding the data, data preparation, modeling, assessment, and application. As a result, the research contributes to an automatic productivity monitoring approach, with minimal operator requirements and team adherence in an organic and systemic way. In addition, the research presents the implementation models for the proposed system.

Keywords: Productivity, service productivity, field service, machine learning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Processo de treinamento de modelo	30
Figura 2 – Processo de classificação de imagens	30
Figura 3 – Piscinas e raias.....	31
Figura 4 – Tipos de eventos.....	32
Figura 5 – Comportamentos de eventos.....	32
Figura 6 – Tarefa e subprocesso.....	33
Figura 7 – Tipos de tarefas	33
Figura 8 – Tipos de Gateways	34
Figura 9 - Fluxos	34
Figura 10 – Links de quebra e de continuação	35
Figura 11 - Componente	36
Figura 12 - Interfaces.....	37
Figura 13 - Nó.....	37
Figura 14 - Atores	37
Figura 15 – Mensagens e vínculos	38
Figura 16 – As fases da modelagem CRISP-DM.....	40
Figura 17 – Processo de Instalação - parte	49
Figura 18 – Processo de Instalação – parte 2	50
Figura 19 – Processo de Visita Técnica.....	51
Figura 20 – Remanejamento Interno	52
Figura 21 – Retirada – parte 1	53
Figura 22 – Retirada – parte 2	54
Figura 23 – Processo funcional do sistema proposto para a primeira etapa ..	59
Figura 24 – Três etapas na implementação do modelo proposto	61
Figura 25 – Modelo de aplicação do proposto	62
Figura 26 – Estrutura de implementação do sistema de preparação.....	64
Figura 27 – Estrutura de implementação do sistema de avaliação.....	65
Figura 28 – Modelo dimensional proposto para um <i>data warehouse</i>	65
Figura 29 – Estrutura de implementação do sistema evoluído	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Elementos de dados do processo de instalação.....	56
Quadro 2 – Elementos de <i>dados do processo de Visita Técnica</i>	56
Quadro 3 – Elementos de dados do processo de Remanejamento.....	57
Quadro 4 – Elementos de dados do processo de Retirada	57

LISTA DE TABELAS

Tabela A.1 – Serviços entregues por equipes de 7 ISPs ao longo de 2021....78

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AM	Aprendizado de Máquina
BI	<i>Business Intelligence</i>
BPMN	<i>Business Process Model and Notation</i>
BPMI	<i>Business Process Management Initiative</i>
CPE	<i>Customer Premises Equipment</i>
CNN	<i>Convolutional Neural Network</i>
CRISP-DM	<i>Cross-Industry Standard Process for Data Mining</i>
CTO	Caixa de Terminação Óptica
CVS	Cadeia de Valor de Serviço
DW	<i>Data Warehouse</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
IA	Inteligência Artificial
ISP	<i>Internet Service Provider</i>
ML	<i>Machine Learning</i>
OMG	<i>Object Management Group</i>
OOSE	<i>Object-Oriented Software Engineering</i>
OMT	<i>Object Modeling Technique</i>
SES	Sistema de Entrega de Serviços
SI	Sistemas da Informação
SO	Sistema Operacional
TI	Tecnologia da Informação
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
ViGO	<i>Gull Swarm Optimization</i>
ViT	<i>Visual Transformer</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	Serviços na economia	17
2.2	Revisão histórica da definição de produtividade	18
2.2.1	Abordagem baseada em <i>inputs</i>	20
2.2.2	Abordagem baseada em <i>outputs</i>	20
2.2.3	Abordagem baseada na eficiência	21
2.2.4	Abordagem do estudo do tempo	21
2.3	Evolução da literatura sobre produtividade em serviços	22
2.3.1	Controle e coerção	23
2.4	Sistemas de informação	24
2.4.1	Bases de dados e <i>Data Warehouse</i> (DW)	25
2.4.2	Aquisição de dados de processos de serviços.....	26
2.5	Aprendizagem de máquina e reconhecimento de imagem	27
2.6	Business Process Modeling Notation (BPMN)	30
2.7	<i>Unified Modeling Language</i> (UML).....	35
2.7.1	Blocos de construção da UML	36
3	METODOLOGIA DE PESQUISA	39
3.1	Método	39
3.2	Entendimento do problema	41
3.3	Entendimento dos dados.....	41
3.4	Preparação dos dados	41
3.5	Modelagem.....	42
3.6	Avaliação.....	43
3.7	Aplicação do modelo	43
4	DESENVOLVIMENTO	44

4.1	Objeto da Pesquisa	44
4.2	Entendimento do problema	46
4.3	Entendimento dos dados	47
4.4	Preparação dos dados	57
4.5	Modelagem.....	60
4.6	Avaliação.....	67
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
	REFERÊNCIAS	72
	APÊNDICES.....	78
	APÊNDICE A – Amostra de doze meses de serviços de ISPs.....	78
	APÊNDICE B – Pesquisa qualitativa de avaliação do modelo.....	79

1 INTRODUÇÃO

Serviços são produtos individualizados e intangíveis que mobilizam esforços e geram resultados qualificáveis e quantificáveis. Por sua vez, diferentemente de produtos físicos, pelas suas características intrínsecas, são perecíveis, ou sejam, são produzidos e consumidos simultaneamente (Welker, 2020). Isso impõe uma série de dificuldades de monitoramento de produtividade, gerenciamento de custos e otimização de recursos.

Operações de Serviço são custosas e dependem de grande contingente de mão de obra além de carregarem alto risco de passivos legais. No entanto a administração da produtividade e da qualidade dos serviços por mecanismos objetivos é tema pouco desenvolvido no contexto das equipes de serviços de campo, tendo os estudos focados primariamente, na produtividade do negócio (Hofmeister, Kanbach, Hogleve, 2023)

Focando nos serviços prestados por pessoas, pode-se identificar, particularmente, na gestão de serviços de atendimento e televendas uma evolução significativa nas últimas décadas. Estes serviços evoluíram com a utilização de sistemas preditivos, capazes de otimizar recursos por meio de inteligência lógica, qualificando perfis, competências e desempenho, permitindo a melhoria contínua dos resultados e da qualidade.

Ainda sobre os serviços prestados por pessoas, a gestão de projetos é um exemplo de serviço que dispõe de inúmeras ferramentas, metodologias e mecanismos de gestão que permitem a contínua evolução de performance até a entrega do produto final.

Já serviços de campo, como a instalação de acesso a telecomunicações ou a manutenção de equipamentos instalados em residências ou empresas; envolvem um conjunto grande de processos, na sua maioria, serviços prestados de forma autônoma por equipes remotas, são carentes de mecanismos de controle, monitoramento e gestão que permitam otimizar os recursos e custos associados.

Sistemas de gestão de serviços disponíveis no mercado têm boa estruturação no que diz respeito à organização das cargas de atividades, controles de materiais e distribuição de ordens de serviço por equipes, porém são omissos no acompanhamento do desempenho de performance e qualidade de destas equipes, justamente na entrega dos resultados dos serviços.

O desafio da melhoria contínua do desempenho de equipes de campo, que é o contexto deste trabalho, passa pela ação direta de centros de atendimento com vários agentes humanos dedicados ao controle ostensivo da evolução física do andamento dos serviços. O método mais comum é o contato telefônico com as equipes, acompanhamento de sistemas de localização geográfica e, constrangedoras auditorias de checagem com os clientes.

A prática gerencial sobre equipes de campo é predominantemente autocrática e dependente de um contingente de controladores humanos equivalente ao de operadores de campo. Este ambiente tem um processo de controle complexo, uma vez que depende da eficiência cada vez maior de equipes autônomas. Por outro lado, não se pode administrar o que não se controla (Deming, 1986), tornando necessária a busca por alternativas que equilibrem um controle eficaz com a liberdade e autonomia necessárias às funções.

Equipes de campo de serviços de telecomunicações são aptas a atender de quatro a seis serviços diferentes, entre estes: instalação, reparo, mudança de endereço, mudança interna e retirada por cancelamento dos serviços. Os chamados são informados por aparelhos móveis, de forma a reduzir o deslocamento entre os atendimentos. A cada serviço finalizado, uma central de controle atribui um próximo. Considerando a proximidade, a disponibilidade do cliente, o perfil da equipe e o tempo médio necessário para a conclusão do serviço, de forma a que se cumpra a jornada diária da equipe.

Nesta abordagem, a questão a ser respondida na pesquisa é: Como monitorar a produtividade das atividades de pessoas em trabalho autônomo e remoto, por meio de sistema de informação?

Considerando o contexto apresentado, o objetivo principal deste trabalho consiste em desenvolver um modelo se utilizando de aprendizagem de máquina, em reconhecimento de imagens, para a implementação de sistema de informação para monitoramento do processo de prestação de serviços de empresas de telecomunicações. Como objetivos específicos do trabalho tem-se:

- O mapeamento dos processos mais importantes do atendimento de equipes de campo de telecomunicações;
- A descrição detalhada das oportunidades de coleta de dados úteis para o monitoramento;
- Os modelos das estruturas de implementação de um sistema de aplicação;

- Uma proposta de modelo dimensional de um data Warehouse para a implementação de relatórios gerenciais com os dados obtidos.

Como resultado, este trabalho apresenta com uma abordagem de monitoração de produtividade que utiliza mecanismos automáticos, exigindo mínimo de requerimentos do operador, proporcionando a aderência das equipes de forma orgânica e sistemática.

Do ponto de vista técnico, a abordagem sugere um meio simples e viável para o monitoramento da produtividade de equipes de campo, não se limitando ao objeto do trabalho. A pesquisa ainda abre caminho para outros estudos que possam validar seus efeitos no comportamento e na saúde emocional dos envolvidos.

O trabalho está estruturado em Capítulos. No primeiro Capítulo foram apresentados os contextos, objetivos e justificativas. No Capítulo 2 é apresentado o referencial teórico da pesquisa, no Capítulo 3, a metodologia. O Capítulo 4 apresenta uma contextualização dos serviços prestados por equipes de campo em uma empresa prestadora de serviços de telecomunicações, a proposta do método e discussões, sendo o Capítulo 5 uma conclusão e as considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A importância de serviços na economia, a evolução da atenção à produtividade em serviços, são relevantes nesta pesquisa, assim como os sistemas de informação e os conceitos de inteligência artificial e aprendizagem de máquina. Este Capítulo trata das referências teóricas em que dão suporte à pesquisa.

2.1 Serviços na economia

Desde a Revolução Industrial não se via uma migração de mão de obra para o setor de serviços como se vem acompanhando nos últimos anos. Esta migração acontece pela evolução tecnológica e o crescimento de facilidades de comunicação global. Setores como a indústria de manufatura e a agricultura contribuem para isso de forma invisível. A busca pela melhoria da qualidade de vida, a urbanização e o crescimento nos negócios, tornam o setor de serviços relevante nas nações industrializadas (Fitzsimmons e Fitzsimmons, 2014; Foreword, 2023; Jovovic´ e Cvetkovic´, 2022).

Segundo Fitzsimmons e Fitzsimmons (2014), no século XX, somente três em cada dez trabalhadores nos Estados Unidos se dedicavam a serviços. Nos anos 50, este nível chegaria a 50% da força de trabalho. Os autores ainda afirmam que nos últimos 90 anos houve uma evolução na sociedade, que deixou de ser baseada na manufatura para ser baseada em serviços.

À medida que as nações se industrializam, é inevitável a transferência de empregos de um setor da economia para outro (Fitzsimmons e Fitzsimmons, 2014). Esta observação implica na classificação das economias de acordo com o setor de maior ocupação da força de trabalho.

Segundo a visão de economistas, incluindo Clark (1957), Gupta (2012), Avilkina (2024); as nações mais desenvolvidas são as que têm predominância de mão de obra no setor de serviços.

Nas últimas três décadas, o setor de serviços ultrapassou a indústria manufatureira como principal gerador de riquezas e importância na economia global. Com isso também aumentou a sua contribuição na oferta de empregos ressaltando a importância da transformação das economias baseadas na manufatura para economias baseadas em serviços (Foreword, 2022; Owusu *et. al.*, 2021).

Com a evolução do setor de serviços nos últimos anos o impacto da sua produtividade na economia global passa a ser uma questão significativamente relevante. Em 2014, Lee e McKibbin (2014) já chamavam a atenção para o rápido crescimento da produtividade do setor de serviços na Ásia beneficiando todos os setores, levando a um crescimento econômico sustentado e equilibrado, aumentando o estoque de capital e o desempenho econômico geral (Lee e McKibbin, 2014).

Segundo Hada e Suri (2019) o setor de serviços emergiu como um dos principais contribuintes para o crescimento econômico na Índia, superando o setor manufatureiro, conforme indicado na sua análise transversal de estados indianos.

Na revisão sistemática de Hofmeister *et al.* (2023) os autores destacam que a produtividade dos serviços impacta positivamente a economia ao aumentar a eficiência e a criação de valor. Ao analisarem 190 publicações focadas na produtividade os autores propõem que a medida que a tecnologia da informação avança, (i) é provável que a produtividade evolua (especialmente pela eficiência interna) para serviços padronizados ou transacionais; (ii) é provável que a produtividade evolua, especialmente pela personalização, quando os serviços são ricos em dados; (iii) e é menos provável que a produtividade de serviços possa ser medida com precisão, devido ao advento dos serviços digitais grátis, em que nenhuma transação ocorreu.

Uma outra proposição dos autores diz respeito ao capital humano. Eles afirmam que quanto mais capital humano as empresas constroem através do desenvolvimento de habilidades e competências nos colaboradores, como: (i) resiliência e confiança, (ii) ambidestria, (iii) autoeficácia, (iv) sensibilidade cultural, assim como (v) competências tecnológicas, mais provável a melhoria da produtividade de serviços.

Hofmeister *et al.* (2023) afirmam ainda que quanto mais capital humano é formado pelas empresas pelo (i) *feedback* aberto, (ii) provendo autonomia, (iii) e promovendo laços sociais entre os colaboradores, maior será a probabilidade de estes melhorarem a produtividade dos serviços.

2.2 Revisão histórica da definição de produtividade

O termo produtividade apareceu pela primeira vez na obra *Tableau Économique*, publicada em 1758, pelo economista francês François Quesnay (Quesnay, 1894). Na obra Quesnay (1965) apresenta um modelo econômico baseado na divisão do trabalho e na circulação da renda. No modelo, a produtividade é definida

como a relação entre a quantidade de produto gerado e a quantidade de trabalho utilizado para produzi-lo

Essa definição de produtividade foi um avanço importante na teoria econômica. Antes de Quesnay a produtividade era definida como a relação entre a quantidade de produto gerado e o capital dispendido para produzi-lo. A definição de Quesnay (1965) no entanto, enfatiza o papel do trabalho na produção. (Schumpeter, 1954; Samuelson, 2010).

Quesnay (1965) no século XVIII já considerava o agente uma peça fundamental na variabilidade do produto do processo produtivo, pondo atenção no seu papel na eficiência. Seu conceito, no entanto, só tomou forma na Inglaterra com a revolução industrial, em que os donos de fábrica começaram a exigir que seus funcionários mais produtivos fossem copiados. (Lucas, 1990; Le Masne, Dupuy, Roman, 2020)

Os modelos tradicionais de medição de produtividade na manufatura não são aplicáveis aos serviços pois mudanças nos recursos de produção podem afetar a qualidade percebida dos serviços (AMIRUL *et al.* 2021).

Aumentar a eficácia dos trabalhadores, é crucial para melhorar a produtividade do setor de serviços. É provável que as mudanças no ambiente de trabalho tenham um impacto maior na produtividade do que as mudanças nas próprias tarefas. Uma estratégia corporativa para obter vantagem competitiva é compreender as necessidades dos funcionários e direcionar sua atenção para a melhoria da produtividade. O sucesso das empresas depende de quatro processos principais: desenvolvimento de produtos, geração de pedidos, atendimento de pedidos e processos de atendimento ao cliente. Logicamente, existem ainda outros processos para apoiar e medir o sucesso desses processos principais. (Slack e Chambers, 2021).

Incentivar o autoaperfeiçoamento e oferecer oportunidades de crescimento individual pode ser um fator motivador significativo para os funcionários, especialmente os trabalhadores do conhecimento. As organizações precisam adaptar-se a natureza mutável do trabalho que agora depende mais da inteligência adquirida, da capacidade cognitiva, das habilidades de relacionamento e do esforço incondicional; para melhorar a eficiência e a produtividade. (Pepitone, 1989; Rothwell, Hohne, King, 2018).

De acordo com Amirul *et al.* (2021), os desafios de medir a produtividade em serviços inclui as dificuldades em qualificar e quantificar as entradas e saídas do

serviço e a complexidade na modelagem de compensações entre produtividade e satisfação do cliente. Existe falta de consenso sobre o que constitui produtividade em serviços. Além da falta de ferramentas e metodologias adequadas para se medir, faltam incentivos. A cultura organizacional das empresas de serviços não é favorável a essa medição.

A seguir são listadas algumas definições de produtividade, incluindo as baseadas em *inputs* (entradas) e *outputs* (saídas) encontra-se:

2.2.1 Abordagem baseada em *inputs*

A abordagem de *inputs* define a produtividade como a relação entre os recursos utilizados para produzir um serviço e os resultados da produção desse serviço. Os *inputs* ou entradas, são os recursos utilizados para produzir um serviço, como mão de obra, capital e materiais. Os resultados são os produtos ou serviços produzidos.

São exemplos de medidas de produtividade baseadas em entradas aplicadas a serviços:

- a) Mão de obra (número de trabalhadores) por unidade de serviço;
- b) Capital por unidade de serviço;
- c) Material por unidade de serviço: mede a quantidade de material necessário para produzir uma unidade de serviço.

Vários autores compõem definições de produtividade baseadas em *inputs*, como exemplo pode-se citar Farreli (1957), que define produtividade como a relação entre a produção e os recursos utilizados; Dunn (1958), que define que produtividade é a relação entre a produção e os insumos, já Baily e Gordon (1988) consideram que produtividade é a relação entre os *outputs* e *inputs*.

2.2.2 Abordagem baseada em *outputs*

A abordagem baseada em *outputs* define a produtividade como a relação entre a quantidade de serviços produzidos e os recursos utilizados para produzi-los.

As medidas de produtividade baseadas em *outputs* ou saídas, medem a produtividade com base nos resultados de produção de um serviço. Essas medidas são mais precisas que as baseadas em entradas, mas podem ser difíceis de medir.

Alguns exemplos de medidas de produtividade baseadas em saídas, em serviços, segundo Slack, Chambers e Johnston (2009), são:

- a) Quantidade de serviço produzido: mede a quantidade de serviço produzido por unidade de tempo;

- b) Qualidade do serviço produzido: mede a qualidade do serviço;
- c) Satisfação dos clientes: mede a satisfação dos clientes com o serviço produzido.

Outros autores que propõem definições de produtividade baseada em *outputs* que devem ser considerados como Schmenner (1991), que define produtividade como a relação entre saída e os insumos; Chase (1981) que considera produtividade a relação entre o valor gerado e os recursos utilizados e Heskett *et al.* (1994) que definem produtividade como a relação entre os resultados e os recursos utilizados.

2.2.3 Abordagem baseada na eficiência

A abordagem baseada na eficiência define a produtividade como a relação entre a quantidade de serviços produzidos e a qualidade de serviços que poderiam ser produzidos com os mesmos recursos. A eficiência é a relação entre os *inputs* e *outputs*. Bowman (1965) define produtividade como a relação entre a produção e o potencial de produção. Dorfman e Foster (1991) consideram produtividade a relação entre a produção e o custo para produzir.

2.2.4 Abordagem do estudo do tempo

A abordagem do estudo do tempo para medir a produtividade já era utilizada na indústria manufatureira muitos anos antes de ser aplicada a serviços. No entanto, sua adoção só começou a ser mais amplamente difundida a partir da década de 1980, (Wyckoff, 1987).

O estudo do tempo aplicado à produtividade em serviços é uma técnica que mede o tempo necessário para executar uma tarefa ou processo. Essa técnica pode ser utilizada para determinar a produtividade de uma empresa de serviços, calculando o número de unidades de serviço entregues por unidade de tempo, (Gitlow *et al.* 2014).

O estudo do tempo pode ser realizado por meio de diferentes métodos, como:

- a) Cronometragem: um observador registra o tempo que uma atividade é realizada por um trabalhador;
- b) Método de tempos predeterminados: um conjunto de dados de tempos predeterminados é utilizado para estimar o tempo necessário para a execução de uma atividade;
- c) Método de análise de trabalho: o trabalho é dividido em etapas ou tarefas, e o tempo necessário para se executar cada tarefa é estimado.

Lu, Heching e Olivares (2023) desenvolveram uma abordagem empírica para analisar a produtividade de serviços de força de trabalho via estudo do tempo. Eles detalham os dados de registro de atividades relevantes executadas por funcionários processando chamados de serviço. Os autores utilizaram modelos de análise de sobrevivência para identificar os fatores variáveis que afetam a produtividade, no tempo.

A proposta sai do tradicional uso dos modelos de fila para analisar decisões de dimensionamento, demanda, políticas de roteamento das equipes, sistema de priorização e outras variáveis que podem ser otimizadas para melhorar a performance.

O aspecto chave para determinar a produtividade do Sistema de Entrega de Serviços (SES), ainda segundo Lu, Heching e Olivares (2023), é a taxa de serviço - definida como o volume de uma unidade padrão de produção que pode ser processada para um determinado nível de capacidade. Ou seja, a velocidade com que um tipo específico de serviço é processado pelos recursos disponíveis.

Os autores propõem uma nova metodologia econométrica para medir produtividade usando dados de registro de data e hora de cada atividade realizada pelos agentes. Os dados são coletados pelo método de estudo do tempo adaptado ao contexto dos serviços.

Esta adaptação não é direta, uma vez que o ambiente de processamento de solicitações de serviços é significativamente menos padronizado que o ambiente da manufatura.

Outros autores relevantes que se destacaram no estudo da abordagem do estudo do tempo: Wyckoff (1987), obtém a produtividade utilizando a determinação do tempo médio de execução do serviço que é então multiplicado pelo número de unidades produzidas por tarefa; Shah e Ward (2003), destacam a abordagem do estudo do tempo como uma ferramenta eficaz para melhorar o desempenho em serviços; Juran (2010), apresenta um guia para a implementação da qualidade total e inclui uma seção sobre a abordagem do estudo do tempo para medir a produtividade; Montgomery (2013), também trata sobre a qualidade total e inclui uma seção sobre a abordagem do estudo do tempo para a medição da produtividade.

2.3 Evolução da literatura sobre produtividade em serviços

Os estudos sobre a produtividade em serviços cresceram em número nas últimas duas décadas, segundo Hofmeister *et al.* (2023). Os autores combinam, na

sua pesquisa, as perspectivas macro, meso e microeconômicas da produtividade em serviços para agrupar trabalhos sobre o tema, em um framework para conceituar e ligar suas proposições. Nas suas conclusões, no que diz respeito à perspectiva microeconômica, os autores concluem que a cadeia de valor de serviços é a estrutura de pesquisa mais proeminente, em que a Qualidade Total e Six Sigma são as mais conhecidas abordagens de gerenciamento que estabeleceram uma forte ligação entre as perspectivas internas e externas.

2.3.1 Controle e coerção

A Cadeia de Valor de Serviços (CVS) é um conceito que enfatiza o relacionamento entre vários elementos dentro de uma organização para impulsionar sua lucratividade e sucesso. Envolve gerenciar as atividades de serviço de forma eficiente para melhorar o desempenho operacional e alcançar excelência (Badr, Aziz, Lhoussaine, 2021). A CVS faz a ponte entre os ambientes internos e externos das companhias de serviço, estabelecendo satisfação dos colaboradores, lealdade e produtividade como variável mediadora entre a qualidade interna e externa, e cita a satisfação dos clientes e sua lealdade como mediadora entre qualidade de serviço interno e externo e a performance financeira do negócio. Pesquisas sugerem ainda que o bem-estar do colaborador é um fator crítico na performance individual e no sucesso a longo prazo do negócio (Hogreve e Iseke, 2022).

Uma das questões fundamentais na sociologia das organizações é como empregadores podem fazer os empregados trabalharem conforme os objetivos da organização. Segundo Szulkin (1999) basicamente existem dois métodos para provocar esforços dos empregados. O primeiro envolve o controle do trabalho a ser feito dentro da organização. O objetivo do sistema de controle seria reduzir o escopo para atividades indesejadas. O segundo método envolve tentar motivar as pessoas a agirem de acordo com os objetivos do negócio. Podem ser utilizados diversos mecanismos de incentivo. Muitos dos escritores clássicos da sociologia das organizações, como Max Weber, Frederick Winslow Taylor e Henri Fayol, focam no controle da performance das atividades de cada membro da organização. O modelo tradicional, no entanto, é criar uma estrutura centralizada e hierárquica de modo a facilitar o controle e reduzir a variabilidade do comportamento do trabalhador.

Szulkin (1999) enfatiza, porém, que maximizar a disciplina dentro da organização não é suficiente, nem condição necessária para provocar esforços dos

empregados. Pesquisas mostram a importância da motivação e do comprometimento como requisitos para elevar a performance dos empregados (Barros, 2021; Kuswati, 2020).

Kuswati (2020) destaca ainda a importância dos princípios da participação, comunicação, reconhecimento, delegação de autoridade e da reciprocidade na definição da motivação no trabalho. O autor define ainda que a performance se refere aos aspectos de quantidade, qualidade, produtividade, oportunidade e efetividade. A boa motivação reforça o comprometimento, enquanto a boa performance melhora os resultados da organização e leva à satisfação.

2.4 Sistemas de informação

Para Rainer *et al.* (2020) deve-se diferenciar Tecnologia da Informação (TI) de Sistemas de Informação (SI). TI se refere a qualquer ferramenta, baseada em computadores, que se usa para trabalhar com informação e para suportar as necessidades de informação e seu processamento, em uma organização. Um sistema de informação coleta, processa, armazena, analisa e dissemina informação para um propósito específico (Rainer *et al.*, 2020).

Sistemas de informação são parte integrante das organizações modernas, são estruturas para apoiar os processos organizacionais. Isso envolve o uso efetivo de tecnologia e métodos de gerenciamento dos ativos de dados (Cantarelli, 2023). Estes sistemas consistem de pessoas, equipamentos, processos, procedimentos, dados e operações. Cada sistema é criado para cumprir uma tarefa no seu campo de aplicação. Todos eles são diferentes e únicos e, com diferentes funções que podem não somente serem úteis, mas, algumas vezes redundantes (Zelinska *et al.*, 2023).

O desenvolvimento de um sistema de informação envolve identificar as necessidades de informações de uma organização, projetar bancos de dados e selecionar soluções apropriadas de hardware e software (Cantarelli, 2023).

O propósito de um sistema de informação é definido, segundo Rainer *et al.*, (2020) como coletar a informação certa, das pessoas certas, na hora certa, na quantidade certa e no formato certo. Como um sistema de informação pretende fornecer informações úteis, os autores consideram necessário se diferenciar informação de dois termos relacionados: dado e conhecimento.

Rainer *et al.* (2020) definem dados como a descrição elementar das coisas, eventos atividades e transações, que são coletadas, classificadas e armazenadas; mas não são organizadas para representar um significado específico. Exemplos de elementos de dados são coleções de números, caracteres ou imagens.

Informação, segundo os autores, se refere aos dados organizados, portanto, com significado e valor para quem recebe.

Conhecimento, na definição de Rainer *et al.* (2020), consiste do dado e/ou a informação, que foi organizada e processada para transmitir compreensão, experiência, aprendizado acumulado e perícia aplicada a um problema da organização.

Certos sistemas de informação suportam partes da organização, outros uma organização inteira, e existem os que suportam grupos de organizações. De uma forma geral, cada departamento ou área funcional tem seu próprio sistema. Exemplos disso são os sistemas de cobrança, financeiro, produção, relacionamento com clientes, *marketing* e recursos humanos. Esses sistemas são as fontes de dados e informações para os sistemas de informação central, comumente nomeados *Business Intelligence Systems* ou, simplesmente BI (Rainer *et al.*, 2020).

2.4.1 Bases de dados e *Data Warehouse* (DW)

Na era digital, bases de dados e *data warehouses* têm sido a pedra fundamental da operação moderna de negócios, revolucionando a forma das organizações gerenciarem, armazenarem e recuperarem grandes volumes de dados segundo Gunalan *et al.* (2024). Na definição dos autores, base de dados é uma coleção estruturada de dados que permite um armazenamento eficiente, recuperação e manipulação, serve como um repositório para várias aplicações, suportando tarefas como processamento de transações, análise de dados e relatórios.

Por outro lado, um *data warehouse* é uma base de dados especializada projetada para suportar a inteligência de negócios e o processo de tomada de decisões. Um DW integra dados de múltiplas fontes da organização em um formato unificado e consistente, promovendo uma visão abrangente da performance do negócio e avanços ao longo do tempo. Diferentemente das bases de dados operacionais, *data warehouse* é otimizada para permitir consultas e análises complexas em dados históricos (Gunalan *et al.*, 2024).

A sinergia entre bases de dados e *data warehouses* capacita as organizações a obterem valiosos *insights* por meio dos seus dados, orientando decisões estratégicas e melhorando sua eficiência geral (Gunalan *et al.*, 2024).

2.4.2 Aquisição de dados de processos de serviços

Uma empresa orientada a dados (*data-driven approach*) é uma organização que toma decisões estratégicas baseadas em análises e interpretação de dados.

O modelo de gestão com orientação a dados tem aumentado de importância e vem sendo aplicado com sucesso em organizações de serviços. Talvez pelo desafio de se utilizarem tecnologias orientadas a dados para identificar inovações em serviços, o assunto tem recebido pouca atenção. Pesquisadores e profissionais têm focado primeiramente em entender os próprios serviços baseados em dados, mais do que identificar e desenvolver as inovações decorrentes disso (Berndt e Thalmann, 2023).

A disponibilidade de dados está mudando a forma de como as organizações tomam decisões em vários níveis, sejam estratégicas ou operacionais. Pesquisadores e profissionais vêm explorando como provedores de serviços podem se beneficiar da disponibilidade e uso de dados, especialmente quando isso envolve a entrega de serviços (Sala *et al.*, 2022).

Com a popularização das tecnologias digitais e a interconexão de sistemas, as organizações têm acesso a grandes quantidades de dados gerados em um ritmo sem precedentes. Aproveitar estes dados para obter *insights* e suportar tomadas de decisão tornou-se imperativo para manter-se em mercados dinâmicos (Moinuddin, Usman, Khan, 2024). Tecnologias de Inteligência Artificial (IA), incluindo aprendizado de máquina, processamento de linguagem natural e visão computacional oferecem capacidades avançadas para a automação de tarefas, detecção de padrões e acionamento de inteligência generativa. (Goodfellow, Bengio, Courville, 2016; Chollet, 2018).

O desafio da aquisição de dados no processo operacional não é o único. Não se trata simplesmente de coletar dados e armazená-los, mas coletá-los com propósito, ou ainda, tirar proveito das informações que são continuamente capturadas no dia-a-dia operacional.

O armazenamento de dados permite inteligência de negócios, análise de dados e tomada de decisões, integrando dados de várias fontes em um único repositório, facilitando a análise de dados históricos e apoiando os processos de análise. A inteligência de negócios e a análise de dados significam um fator de vantagem competitiva para as organizações (Barón Ramirez, Garcia Estella, Sánchez Gárate, 2021).

Bases de dados e *data warehouses* são essenciais para o armazenamento, recuperação e gerenciamento de uma vasta quantidade de dados na era digital. Desempenham um papel fundamental do atual cenário da organização dirigida pela informação, facilitando tomadas de decisão e *insights*.

2.5 Aprendizagem de máquina e reconhecimento de imagem

O aprendizado de máquina (AM), (*machine learning – ML*), e a inteligência artificial (IA) são campos da tecnologia interrelacionados, porém distintos, cada um com aplicações e recursos exclusivos. IA abrange uma ampla gama de tecnologias projetadas para executar tarefas que normalmente exigem inteligência humana, como a resolução de problemas e a tomada de decisões (Sohel, 2024). Em contraponto, AM é um subconjunto da inteligência artificial focado no desenvolvimento de algoritmos que permitem que sistemas aprendam com dados e melhorem sua performance de forma autônoma, sem programação explícita (Omprakash e Priyabrata, 2023; Sohel, 2024).

Na visão de Zhou (2021) é possível se fazer uma analogia com o aprendizado humano, que acontece por meio de experiências e permite que se tomem decisões baseadas nestas experiências, com o aprendizado de máquinas. O autor afirma que aprendizagem de máquina é a técnica que melhora a performance de um sistema por meio de experiências, via métodos computacionais. Em sistemas computacionais, experiências existem em forma de dados, e a principal tarefa da aprendizagem de máquina é desenvolver algoritmos de aprendizado que construam modelos a partir de dados.

Ao alimentar o algoritmo de aprendizagem de máquina com dados de experiências, se obtém um modelo que pode fazer previsões. O processo de usar algoritmos de aprendizagem de máquina para se criar modelos, é chamado de aprendizagem ou treinamento. Os dados utilizados para a fase de aprendizagem são

chamados de dados de treinamento, (*training data*). Cada amostra destes dados é chamada de exemplo de treinamento, (*training exemplo*) e cada conjunto destes dados, conjunto de treinamento (*training set*) (Zhou, 2021).

O objetivo da aprendizagem de máquina é treinar modelos que possam funcionar tão bem com novas amostras quanto com os exemplos de treinamento. Uma das aplicações populares da aprendizagem de máquina é o reconhecimento de imagens.

A tecnologia de reconhecimento de imagens pode ser aplicada em vários campos (Zhang, Zhao, Yang, 2021), da medicina ao gerenciamento de bens de consumo e a segurança.

No uso de algoritmos de visão computacional para simular o processo humano de reconhecimento de imagem, vários tipos de diferentes modelos de reconhecimento são pesquisados, incluindo os baseados em correspondência de modelos (Chen *et al.*, 2022). Porém os algoritmos de busca de correspondência com modelos precisam prever a imagem e o *template* precisa ser completamente consistente para um reconhecimento efetivo.

Chen *et al.* (2022) argumentam que a mesma imagem em diferentes ambientes, com luz, fundo ou deformações; requerem um aprendizado de máquina que não só identifica as mesmas características e informações do modelo, como precisa ser capaz de identificar o ambiente que não será totalmente compatível com ele. Os pesquisadores então partiram para desenvolver algoritmos que podem identificar a imagem calculando sua similaridade com modelos previamente conhecidos e propostos por humanos.

O princípio fundamental da tecnologia de reconhecimento de imagens integrada à inteligência artificial é identificar e detectar dados em uma faixa de reconhecimento da imagem similar a uma impressão digital. Submete-se um conjunto de imagens selecionadas à uma rede neural que identifica similaridades entre diferentes tomadas da mesma imagem, aumentando seu repertório de reconhecimento. Este processo convencionou-se chamar de treinamento de Inteligência artificial (Goodfellow, Bengio, Courville, 2016; Hastie, Tibshirani, Friedman, 2009).

Para Cordts *et al.* (2016), a compreensão visual de cenas urbanas é um fator facilitador para uma ampla gama de aplicações. A detecção de objetos se beneficiou muito com os conjuntos de dados em larga escala, especialmente no contexto do

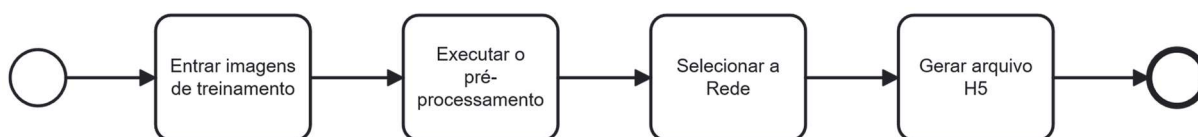
aprendizado de máquina profundo ou *deep learning*. Os métodos de reconhecimento de cena pretendem determinar a categoria geral da cena, colocando ênfase na compreensão de suas propriedades globais. Os métodos de rotulagem de cenas, por outro lado, procuram identificar as partes individuais do todo e suas interrelações. Métodos centrados em objetos estão em algum ponto intermediário, concentrando-se na detecção de um certo conjunto de constituintes da cena, especialmente dinâmicos.

A introdução de abordagens inovadoras, como o Transformador Visual (*Visual Transformer* - ViT), uma aplicação que decompõe uma imagem em uma série de fragmentos (*patches*), serializa estes fragmentos em vetores e os mapeia para uma dimensão menor com uma única multiplicação de matriz (Dosovitskiy *et al.*, 2021). E o seu aprimoramento pela *Gull Swarm Optimization* (ViGO), melhorou ainda mais a precisão e a eficiência das tarefas de reconhecimento de imagem ao capturar com eficácia informações de contexto global e suas dependências oferecendo reconhecimento aprimorado com recursos limitados (Zhang e Chang, 2024).

Distante das aplicações mais sofisticadas do reconhecimento de imagens, sistemas universais de classificação e reconhecimento, utilizando-se de plataformas colaborativas de aprendizado de máquina como TensorFlow, um framework de fonte aberta do Google; e redes neurais como CNN – *Convolutional Neural Network*, têm viabilizado estudos como os de Lilei (2024).

Como descreve Lilei (2024), para se ter um sistema capaz de classificar e reconhecer imagens baseado em *deep learning*, inicialmente deve-se ter o modelo treinado e então se pode usar o modelo para a operação de classificação. O estágio de treinamento do modelo faz um pré-processamento do conjunto original de imagens, unifica os tamanhos e rotula como entrada para a rede de *deep learning*. Após isso é necessário se construir a rede e selecionar os parâmetros de acordo com as necessidades do processo, treinando o modelo de rede, e salvando o modelo treinado em um arquivo do tipo H5. Durante a operação de reconhecimento de imagem, o modelo treinado deve ser carregado para a classificação e reconhecimento das imagens. A Figura 1 mostra um exemplo esquemático do processo de treinamento.

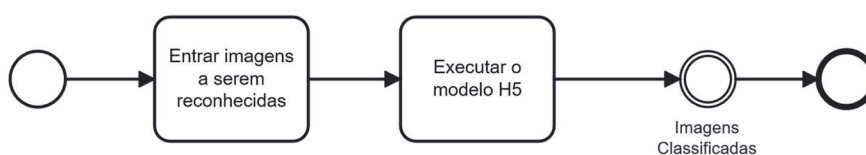
Figura 1 – Processo de treinamento de modelo



Fonte: Adaptado do modelo de Lilei (2024)

A Figura 2 apresenta um exemplo esquemático do processo de classificação da imagem.

Figura 2 – Processo de classificação de imagens



Fonte: Adaptado do modelo de Lilei (2024)

Qualquer sistema baseado em reconhecimento de imagens por meio de aprendizagem de máquina depende de um conjunto de imagens classificadas para que se possa treinar o modelo que será utilizado para o reconhecimento. No caso do modelo de sistema proposto, há a necessidade de se criar um banco de imagens pertinentes e que possam ser úteis à aplicação específica, ou sejam, imagens que representem o andamento do serviço que deverá ser monitorado. O Capítulo 4 detalha o modelo de sistema proposto, partindo da criação do conjunto de imagens necessárias para o treinamento do algoritmo de reconhecimento.

2.6 Business Process Modeling Notation (BPMN)

O modelo de sistema proposto depende do entendimento dos processos de execução dos serviços que serão alvo do monitoramento. Desta forma, há a necessidade de se mapearem os processos que devem ser estudados. A notação utilizada para esta documentação é a BPMN, Notação de Modelagem de Processos de Negócio, em tradução livre.

A BPMN é uma notação gráfica padronizada para representar processos de negócio com ampla utilização pela sua clareza, facilidade de compreensão, tendo suporte de diversas ferramentas de modelagem (Corradini *et al.*, 2018).

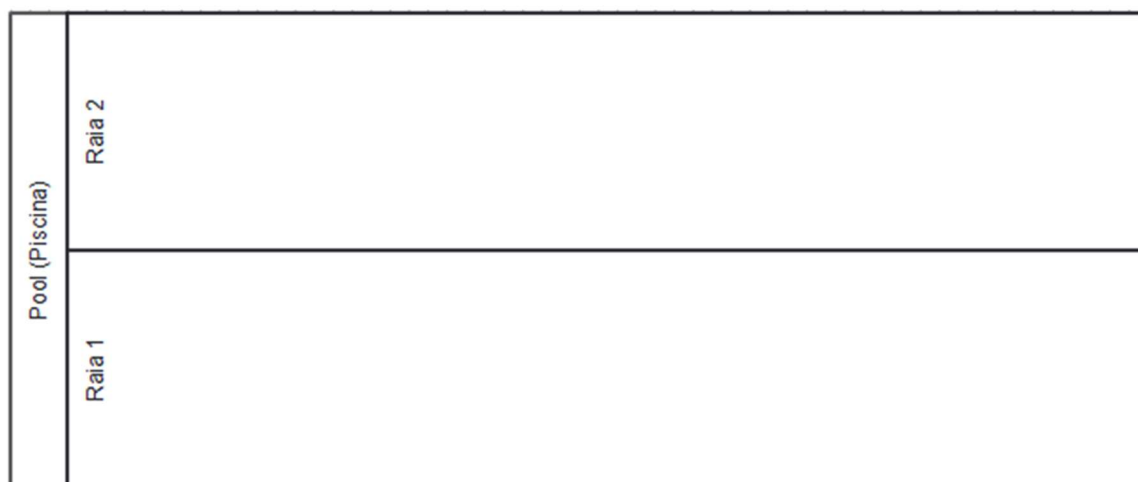
A metodologia BPMN foi desenvolvida pela *Business Process Management Initiative* (BPMI) unificando a forma como as organizações modelavam seus processos. Mantida pelo *Object Management Group* (OMG), é adotada mundialmente como padrão de notação gráfica, de fácil compreensão e aplicação.

As representações gráficas utilizadas para apresentas os processos nesta pesquisa seguem a especificação da OMG (2011) do BPMN v2.0, e são relacionadas a seguir.

Uma “piscina” ou *pool* é um container que representa um único processo. Usualmente leva o nome do processo. Em uma representação BPMN existe pelo menos um *pool* (piscina).

As “piscinas” podem ser subdivididas em “raias”, que representam papeis no processo, ou participantes, e podem ser entidades da organização, um elemento genérico (ex.: cliente, equipe, gestor), um sistema. Este participante pode prover informações ou receber informações de outro participante ou para outro processo. *Pools* e raias são representados na Figura 3.

Figura 3 – Piscinas e raias

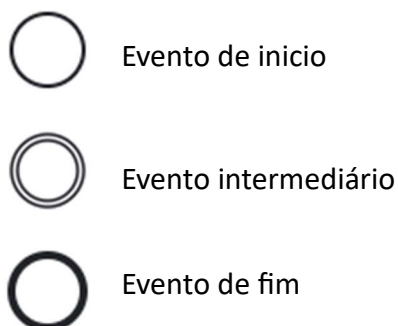


Fonte: Adaptado de Gagné e Ringuette (2024)

Os elementos básicos da notação BPMN são: eventos, atividades, gateway (ou desvios) e fluxo.

Existem eventos de início, intermediários e de fim do processo. A Figura 4 mostra sua representação.

Figura 4 – Tipos de eventos



Fonte: Adaptado de Gagné e Ringuette (2024)

Eventos de início, fim ou intermediários podem estar sujeitos a condições ou entradas que podem definir seu comportamento como a recepção de uma mensagem para se iniciar o processo, a o envio de um alarme em um determinado ponto do processo ou o envio de uma mensagem ao fim do processo. A Figura 5 mostra uma figura relacionando os eventos de início, intermediário e fim com os mais comuns comportamentos.

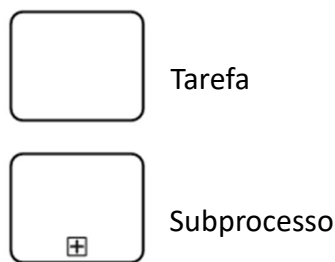
Figura 5 – Comportamentos de eventos



Fonte: Adaptado de Gagné e Ringuette (2024)

Uma tarefa é uma unidade de atividade, ou um trabalho que deve ser executado. Quando marcada com um símbolo indica um subprocesso colapsado, ou sejam, várias tarefas sendo executadas. A Figura 6 apresenta a representação gráfica de tarefa e subprocesso.

Figura 6 – Tarefa e subprocesso



Fonte: Adaptado de Gagné e Ringuette (2024)

Tarefas podem ter a natureza da ação marcada com símbolos internos como apresentados na Figura 7.

Figura 7 – Tipos de tarefas



Fonte: Adaptado de Gagné e Ringuette (2024)

Mudanças no fluxo do processo são representados com um losango denominado *gateway*. *Gateways* exclusivos, quando divergentes, podem ter várias saídas, mas admitem uma única alternativa de continuidade do processo, a partir da satisfação de uma condição. Quando convergentes, os *gateways* exclusivos, aceitam qualquer das entradas para a ativação da saída.

Gateways paralelos, quando convergente, definem que os caminhos de entrada devem acontecer ao mesmo tempo para ativar a continuidade do processo. E quando divergentes, permitem que todas as saídas sejam ativadas ao mesmo tempo.

Gateway inclusivos, quando divergentes, admitem mais de uma saída a partir da satisfação de mais de uma condição. Já convergentes, qualquer entrada permite a continuidade do processo. A Figura 8 apresenta uma representação dos tipos de *gateways*.

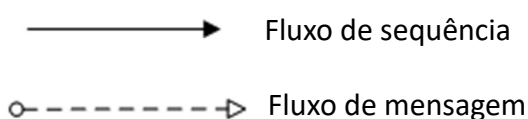
Figura 8 – Tipos de Gateways



Fonte: Adaptado de Gagné e Ringuette (2024)

O fluxo do processo é apresentado com uma seta sólida sendo que o fluxo de mensagens é representado por uma seta tracejada. A Figura 9 apresenta a representação destes fluxos.

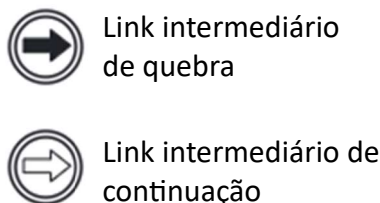
Figura 9 - Fluxos



Fonte: Adaptado de Gagné e Ringuette (2024)

Para se evitar diagramas muito densos e ser possível se dividir um fluxo em mais de uma página, se utilizam links de quebra e de continuação como os mostrados na Figura 10.

Figura 10 – Links de quebra e de continuação



Fonte: Adaptado de Gagné e Ringuette (2024)

Como a intenção do Capítulo é a apresentação dos elementos mais comuns e utilizados da notação BPMN, havendo interesse no seu aprofundamento, é recomendável a leitura da documentação disponível do site oficial do *Object Management Group, Inc.* acessível em <http://www.bpmn.org>.

2.7 Unified Modeling Language (UML)

Uma vez compreendidos os objetivos e a ideia do modelo de sistema a ser proposto, foi necessária a escolha de uma notação ou linguagem para se documentar a proposta e a opção foi a *Unified Modeling Language (UML)*.

Segundo Booch, Rumbaugh e Jacobson (2012), no seu UML, Guia do Usuário, as linguagens de modelagem orientadas a objeto surgiram nos anos 80 e com que as linguagens orientadas a objeto passaram a ganhar maior relevância e usuários, também os métodos de modelagem e documentação passaram a ser estudados e desenvolvidos.

Na metade da década de 90 houve um movimento entre os autores dos principais métodos Booch, OOSE (*Object-Oriented Software Engineering*) de Jacobson e OMT (*Object Modeling Technique*), de Rumbaugh, no sentido da unificação em uma única linguagem. Em junho de 1996 foi então lançada a primeira versão da UML.

A *Unified Modeling Language* ou, simplesmente UML, é uma linguagem padrão para a elaboração da estrutura de projetos de software. Pode ser empregada para a visualização, a especificação, a construção e a documentação de artefatos que façam uso de sistemas complexos de software.

2.7.1 Blocos de construção da UML

O vocabulário da UML abrange três tipos de blocos de construção:

1. Itens;
2. Relacionamentos;
3. Diagramas.

Os Itens são elementos de primeira classe no modelo; os relacionamentos reúnem esses itens; os diagramas agrupam coleções interessantes de itens.

Existem quatro tipos de itens na UML:

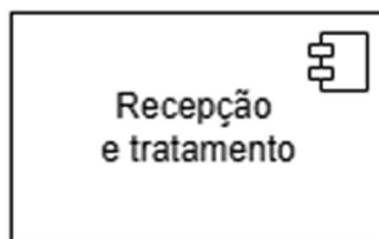
1. Itens estruturais;
2. Itens comportamentais;
3. Itens de agrupamento;
4. Itens anotacionais.

Estes itens constituem os blocos de construção básico orientados a objetos da UML e se utilizam para escrever os modelos.

Itens estruturais são os substantivos utilizados em modelos da UML. São as partes estáticas que representam elementos conceituais ou físicos. Também são chamados classificadores, coletivamente.

Os *componentes* são partes modulares de um sistema, que resumem sua implementação dando ênfase às interfaces externas. É uma parte substituível do sistema ao qual se adapta para realizar um conjunto de interfaces. É representada como no exemplo mostrado na Figura 11.

Figura 11 - Componente

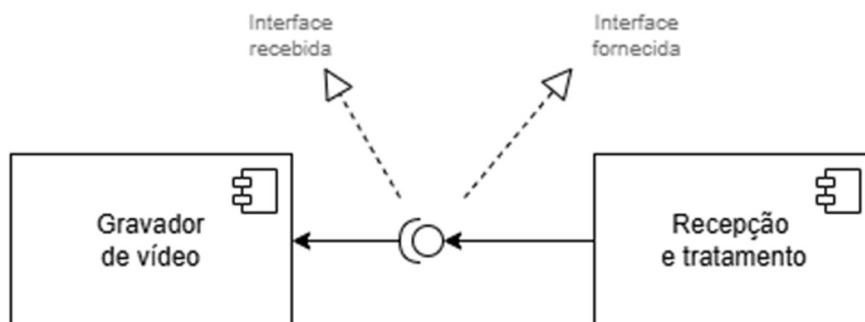


Fonte: Adaptado de Booch, Rumbaugh e Jacobson (2012)

A representação mais comum do relacionamento do *componente* com suas interfaces é apresentada por um círculo ligado ao componente, quando a interface é

fornecida. E como um semicírculo, também ligada ao componente, quando é requerida. A Figura 12 mostra a representação da uma interface.

Figura 12 - Interfaces

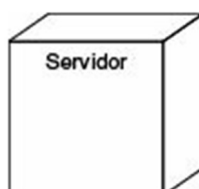


Fonte: Adaptado de Booch, Rumbaugh e Jacobson (2012)

Um nó é um elemento físico que representa um recurso computacional, comumente com capacidade de processamento, memória. Um conjunto de componentes pode estar contido em um nó.

Representado como um cubo, normalmente com a sua identificação. Um exemplo de *nó* é mostrado na Figura 13.

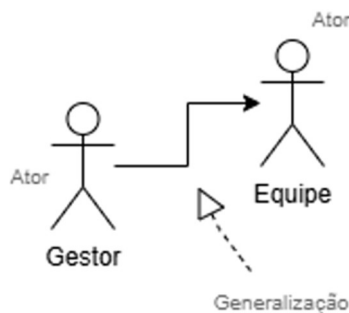
Figura 13 - Nó



Fonte: Adaptado de Booch, Rumbaugh e Jacobson (2012)

Atores são representados como figuras esquematizadas, como mostra a Figura 14. Representam os agentes humanos envolvidos com os componentes do sistema.

Figura 14 - Atores



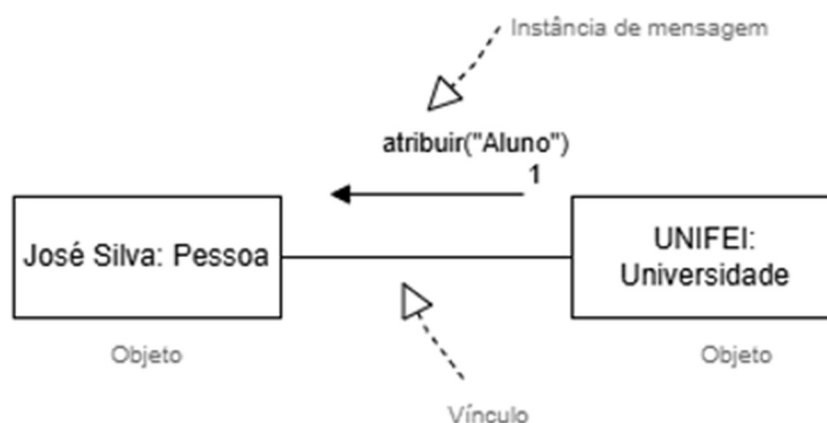
Fonte: Adaptado de Booch, Rumbaugh e Jacobson (2012)

Interações na modelagem são utilizadas para mostrar o aspecto dinâmico das colaborações, ou a sociedade entre os objetos, que juntos executam um comportamento. Mensagens entre classes ou componentes podem ser representadas dando-se ênfase na sequência dos seus fluxos. As mensagens são representadas por linhas com uma direção, comumente acompanhada do seu nome.

Um vínculo é uma conexão semântica entre objetos, ou uma instância de associação. Graficamente representado por uma linha simples. Se há um vínculo entre objetos, um objeto é capaz de mandar uma mensagem para o outro.

A Figura 15 mostra exemplos de representações gráficas de mensagens e conectores de vínculo.

Figura 15 – Mensagens e vínculos



Fonte: Adaptado de Booch, Rumbaugh e Jacobson (2012)

Como a intenção da Capítulo é a apresentação dos elementos mais comuns e utilizados da notação UML, havendo interesse no seu aprofundamento, é recomendável a leitura do UML Guia do usuário (Booch, Rumbaugh e Jacobson 2012)

Este Capítulo não tem a pretensão de descrever todas as notações da linguagem, mas apresentar os elementos básicos utilizados na pesquisa para orientação do leitor.

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

A proposição da pesquisa envolve o monitoramento e acompanhamento do processo de execução dos serviços de campo de uma empresa de telecomunicações. O objeto de investigação é o período desde a captura do chamado pela equipe de campo até sua finalização, buscando oportunidades e mecanismos de coleta de dados para controle de produtividade.

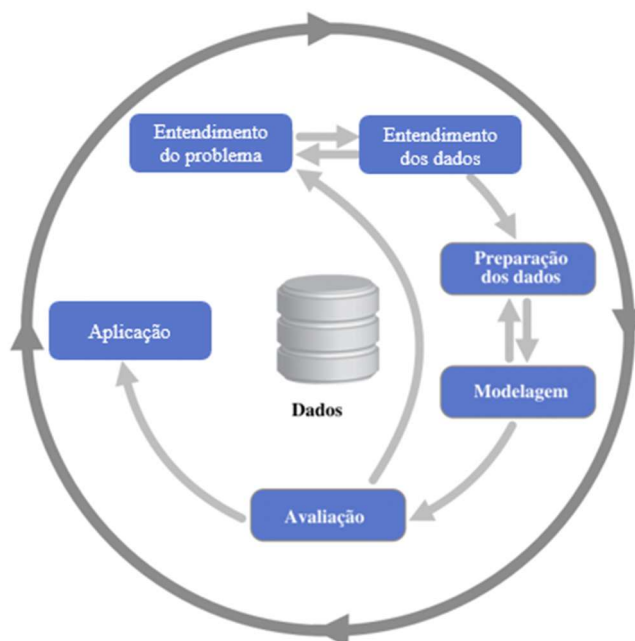
Esta é uma pesquisa de natureza aplicada, dado que objetiva gerar conhecimento para aplicação prática e dirigida à solução de uma questão específica, como definem Gerhardt e Silveira, (2009). O objetivo da pesquisa é normativo, utilizando procedimentos de modelagem, portanto se utiliza de mecanismos empíricos e qualitativos para a coleta de dados e sua avaliação.

3.1 Método

O método CRISP-DM – *Cross-Industry Standard Process for Data Mining* (Chapman *et al.* 2000) é a abordagem mais largamente utilizada para realizar projetos de *data mining* segundo Martinez-Plumed *et al.* (2021) e Saltz (2021). O método provê um processo de modelagem independente de indústria e tecnologicamente neutro para o desenvolvimento de modelos de *data mining*, sendo perfeitamente adaptável ao estudo de um modelo de sistema de informação, como é a proposta desta pesquisa. A CRISP-DM é resultado da síntese da experiência prática de profissionais em uma abordagem sistemática e padronizada (Udo e Gero, 2023).

O método CRISP-DM propõe seis fases, como mostrado na Figura 16.

Figura 16 – As fases da modelagem CRISP-DM



Fonte: Chapman et al. 2000

As fases do método são:

1. **Entendimento do problema:** pretende compreender os objetivos do projeto da perspectiva do negócio e deduzir a definição do problema a ser buscado no *data mining*;
2. **Entendimento dos dados:** diz respeito a coleta e a busca de familiaridade com os dados;
3. **Preparação dos dados:** inclui os dados necessários para produzir o conjunto final de entrada na ferramenta de modelagem;
4. **Modelagem:** desenvolve e parametriza as técnicas de transformação que serão aplicadas no conjunto de dados;
5. **Avaliação:** avalia o modelo com a perspectiva dos objetivos do negócio;
6. **Aplicação:** implementa e documenta o modelo.

Os autores do método CRISP-DM, Chapman et al. (2000), enfatizam a necessidade de iterações entre as diferentes fases. Porém, não apresentam nenhum detalhe descritivo de como deve ocorrer esta iteração ou quais fases envolvem. A única indicação são os *loops* do modelo gráfico mostrado na Figura 16 (Udo e Gero, 2023).

A seguir são descritas as ações que foram planejadas e desenvolvidas em cada uma das fases do método.

3.2 Entendimento do problema

Na fase de entendimento do problema procurou-se compreender as características e particularidades de um provedor de Internet e os processos de maior impacto na prestação dos seus serviços, especialmente em campo.

Entrevistas com os gestores, acompanhamento *in loco* das atividades das equipes, avaliação da documentação de processos e relatórios de qualidade de serviço, são mecanismos eficientes e necessários para a compreensão das atividades e processos.

Para maior assertividade e objetividade desta pesquisa são focados os processos de instalação de acesso, visita técnica, mudança de endereço, remanejamento interno e retirada de serviços.

Nesta fase foi de grande importância a identificação dos pontos chave nos processos e a contextualização do objetivo da pesquisa no ambiente em questão.

3.3 Entendimento dos dados

Uma vez contextualizado o ambiente, parte-se para a identificação dos pontos de oportunidade de aquisição dos elementos de informação. Cada processo tem características particulares que obrigam o entendimento do momento mais adequado para o seu registro. O objetivo é que a cada passo do processo do serviço seja possível a coleta de um elemento de informação que defina este passo.

Os processos são representados segundo as convenções da notação *Business Process Model and Notation* (BPMN).

3.4 Preparação dos dados

Ao se identificarem os elementos de dados, é possível criar uma estratégia sistemática para efetivamente capturá-los e organizá-los em meio digital, de forma que alimentem um sistema de gestão.

O planejamento é o processo que determina a perspectiva de desenvolvimento de um sistema e permite um impacto gerencial ativo sobre o que se pretende executar. Envolve a determinação das formas de desenvolvimento dos trabalhos para atingir as metas estabelecidas (Rukhadze, 2022).

Aqui é apresentada uma estratégia para se popular uma base de elementos de dados, ou sejam imagens classificadas e em um volume suficiente para se treinar um algoritmo de aprendizado de máquina.

Esta estratégia envolve um processo de coleta e um processo de armazenamento e tratamento, que são apresentados com a notação BPMN.

3.5 Modelagem

Nesta fase, por fim, é apresentada a proposição do modelo de implementação do sistema de gestão da produtividade dos serviços destacados. São detalhadas suas etapas de preparação, refinamento e de evolução, além do modelo de aplicação sistêmica, em forma de fluxograma, descrevendo estas etapas, e os elementos responsáveis pela execução.

Na modelagem é apresentada ainda a estrutura de cada etapa de implementação dos sistemas de preparação, refinamento e de avaliação.

O modelo do sistema proposto é, portanto, composto por modelos de implementação das suas três etapas, que serão detalhadas no Capítulo 4.

Este modelo propõe as estruturas dos sistemas necessários para cada uma das etapas utilizando-se da Linguagem de Modelagem Unificada – UML. Rapidamente aceita pelo mercado de software como uma linguagem gráfica padrão, a UML é destinada a especificação, à construção, visualização e à documentação de sistemas software complexos (Booch, Rumbaugh, Jacobson, 2012). Os elementos básicos da linguagem foram apresentados no Capítulo 2.7.

Ainda como parte do modelo do sistema proposto, é apresentado um modelo dimensional para um *data warehouse*.

O modelo dimensional de um *data warehouse* é uma abordagem estruturada que facilita a análise e a geração de relatórios de dados. Ele organiza os dados em fatos e dimensões, permitindo a consulta intuitiva e a recuperação dos dados (Sohail *et al.*, 2023). Os fatos representam dados quantitativos (por exemplo, valores de vendas), enquanto as dimensões fornecem contexto (por exemplo, tempo, produto, cliente) (Fattah, Ridwan e Sulistiyowati, 2023).

3.6 Avaliação

A avaliação procurou demonstrar a aplicabilidade do modelo proposto ao seu propósito inicial e ao negócio em questão. A partir da submissão do modelo à pelo menos cinco gestores de operações de empresas de telecomunicações e, a pelo menos um especialista em desenvolvimento de sistemas.

A avaliação foi verificada a partir de um questionário submetido aos especialistas, após uma apresentação e a leitura da documentação do modelo, que verificou:

1. A relevância da gestão da produtividade de equipes de campo;
2. A compreensão do modelo proposto;
3. A viabilidade da sua implementação como proposto.

A partir do resultado foi possível confirmar a pertinência da pesquisa e realinhar a proposta.

3.7 Aplicação do modelo

Este trabalho não pretende apresentar uma implementação do modelo proposto, considerando sua complexidade e o tempo necessário para a coleta de um conjunto relevante de imagens necessárias para o aprendizado de máquina. Um projeto de implementação poderia ser viabilizado em uma nova pesquisa, partindo do modelo proposto.

4 DESENVOLVIMENTO

No desenvolvimento da pesquisa, antes da aplicação de cada um dos passos do método CRISP-DM, é apresentado um breve relato das circunstâncias que dão motivação para pesquisa.

4.1 Objeto da Pesquisa

O objeto da pesquisa são os serviços de campo de uma empresa de telecomunicações.

Como profissional no setor de telecomunicações por mais de 38 anos, o autor possui experiência em diversas áreas do negócio. Desde o treinamento de equipes de campo, em serviços de construção de redes metálicas e ópticas, até a gestão operacional de sete provedores de internet, com um contingente de trinta e cinco equipes de serviços de campo.

Esta experiência qualifica afirmações e os direcionamentos tomados na pesquisa, que busca a solução de um problema objetivo da gestão de equipes remotas e autônomas, que é o monitoramento da produtividade deste serviço.

Um provedor de Internet (*Internet Service Provider* - ISP), como toda empresa prestadora de serviços de telecomunicações, desenvolve uma longa lista de processos no cumprimento da sua atividade fim que é garantir acesso de usuários de sua rede a rede mundial de computadores.

Esses processos se iniciam com a instalação dos equipamentos para a prestação dos serviços, passa pela manutenção operacionalidade e da qualidade desta comunicação, mudanças de endereço ou de ponto de entrada, e não raramente, a retirada dos equipamentos em um eventual cancelamento dos serviços.

Estas atividades são prestadas por equipes remotas e autônomas que iniciam suas atividades ao serem designadas para o serviço e, normalmente, só prestam contas da evolução destas atividades quando o serviço é finalizado. A gestão só tem o registro de início e fim do serviço, sem mecanismos de avaliação do grau de dificuldade ou se o tempo decorrido foi realmente aplicado em atividades para o cliente.

Além das equipes de vendas, atendimento telefônico e presencial em lojas; os ISPs, mantêm equipes de serviços de campo responsáveis por grande parte da atividade de instalação e manutenção dos serviços. Essas equipes são normalmente divididas em duas funções: manutenção de rede e instalação de serviços.

As equipes de manutenção de rede são dedicadas a construção e manutenção da estrutura física comum a todos os usuários da rede de telecomunicações. Um ISP mais moderno, se utiliza de cabos de fibras ópticas, instalados em postes ou em galerias subterrâneas nas vias públicas, interligando concentradores de linhas de usuários. Estas equipes são responsáveis por garantir o bom funcionamento e a operacionalidade desta infraestrutura.

Equipes de instalação de serviços são as responsáveis pela ativação e manutenção dos serviços para o usuário final. Para restrição do universo da pesquisa, foram estudados no modelo as seguintes atividades:

- a) **Instalação (alta):** que envolve a ligação de um cabo óptico do concentrador de rede até o equipamento de cliente (*Client Premises Equipment* - CPE), ativando o serviço e garantindo funcionalidade plena;
- b) **Visita Técnica:** toda e qualquer intervenção na rede de ligação do concentrador até o CPE, como manutenção da ligação na caixa óptica de terminação (CTO), em cabos ou conectores de ligação entre a CTO e o CPE, (cabo *drop*). Ou ainda, a substituição do próprio CPE e, eventualmente, a simples orientação de uso para o cliente.
- c) **Mudança de endereço:** quando o cliente mantém o serviço, mas muda o local da instalação dos equipamentos;
- d) **Remanejamento interno:** quando o cliente solicita a alteração do ponto de entrada do cabo no mesmo endereço da prestação do serviço;
- e) **Retirada:** Na eventualidade do cancelamento dos serviços, a equipe deve recolher os equipamentos emprestados para a ligação do cliente à rede e retirar o cabo dedicado (cabo *drop*) liberando a porta da CTO para um novo usuário.

A mobilização de uma equipe de campo para a atuação em um destes serviços envolve o atendimento de um pedido, reclamação de defeito ou cancelamento; feito por meio de um centro de atendimento ou no balcão de uma loja. O atendimento abre um chamado que é direcionado para o despacho, (uma equipe de distribuição de serviços) que avalia o tipo de serviço, os recursos disponíveis, prioridades e urgências e designa o serviço para uma equipe.

A equipe então se desloca até o local, executa o serviço solicitado e finaliza o chamado.

4.2 Entendimento do problema

No momento que a equipe captura o chamado, ou seja, assume a responsabilidade de atendê-lo, abre-se a contagem de tempo para a resolução do serviço. De uma forma geral, não há mecanismos de monitoramento ou checagem da evolução dos trabalhos a não ser o contato direto com o agente, ou seja, o técnico ou instalador que deve executar o chamado. Este contato, normalmente feito por sistema de troca de mensagens ou por ligações telefônicas, não dá a dimensão exata ou visão precisa do andamento das atividades, uma vez que depende do relato e confiança nas informações prestadas pelo agente

Em função dessa limitação, as organizações se utilizam de centros de monitoramento com um contingente humano similar ao contingente em serviço de campo. São agentes internos que se ocupam de acompanhar as equipes, avaliando de forma qualitativa e pessoal a complexidade das atividades em curso e o tempo gasto para finalizá-la. Estes agentes internos, ou “*backoffices*”, ainda têm a responsabilidade de controlar o número de serviços em uma fila de atendimento, agendando visitas com os clientes e distribuindo esses serviços pelas equipes em campo.

O conflito e o estresse entre equipes de campo e “*backoffices*” é contínuo. Pressionados pela agenda de serviços em aberto, os prazos de atendimento e o nível de serviço, esses agentes internos mantêm um enorme controle sobre as ações das equipes de campo, chegando ao nível do assédio moral instituído. Cada agente interno acompanha um conjunto de equipes de campo e impõem seu próprio estilo de coerção, impondo seu próprio nível de exigência e pressão. Isso torna a relação das equipes de campo com as equipes internas desigual e assimétricas. Com isso a organização alimenta um ambiente de alto descontentamento interno em um nível funcional operacional, com mínima supervisão gerencial sênior.

Observa-se na prática que o desgaste de um ambiente estressante, de contínuo conflito e cobranças desiguais vai afetando o desempenho dos serviços, criando associações corporativas e se distanciando dos objetivos do trabalho em equipe e da busca contínua por excelência. Os grupos de equipes de campo vão se fechando, definindo parâmetros de produtividade próprios e alinhados, tomando

controle do seu próprio desempenho, tornando qualquer mecanismo gerencial impermeável.

O foco da pesquisa é contribuir com ferramentas para se buscar melhoria da produtividade de equipes de campo desde a captura do chamado pela equipe até a sua conclusão. Este é normalmente um período em que as equipes ficam isoladas, sem manifestação voluntária do andamento do serviço. Esta falta de informação acaba por limitar o melhor planejamento da ocupação destas equipes, considerando que nunca se sabe ao certo quando ela estará disponível para um novo serviço.

A proposição deste trabalho consiste na modelagem de um sistema de monitoramento e acompanhamento do processo de execução do serviço de forma automática, com o mínimo de requerimentos do operador, sem mecanismos coercitivos e com a aderência das equipes de forma orgânica e sistemático.

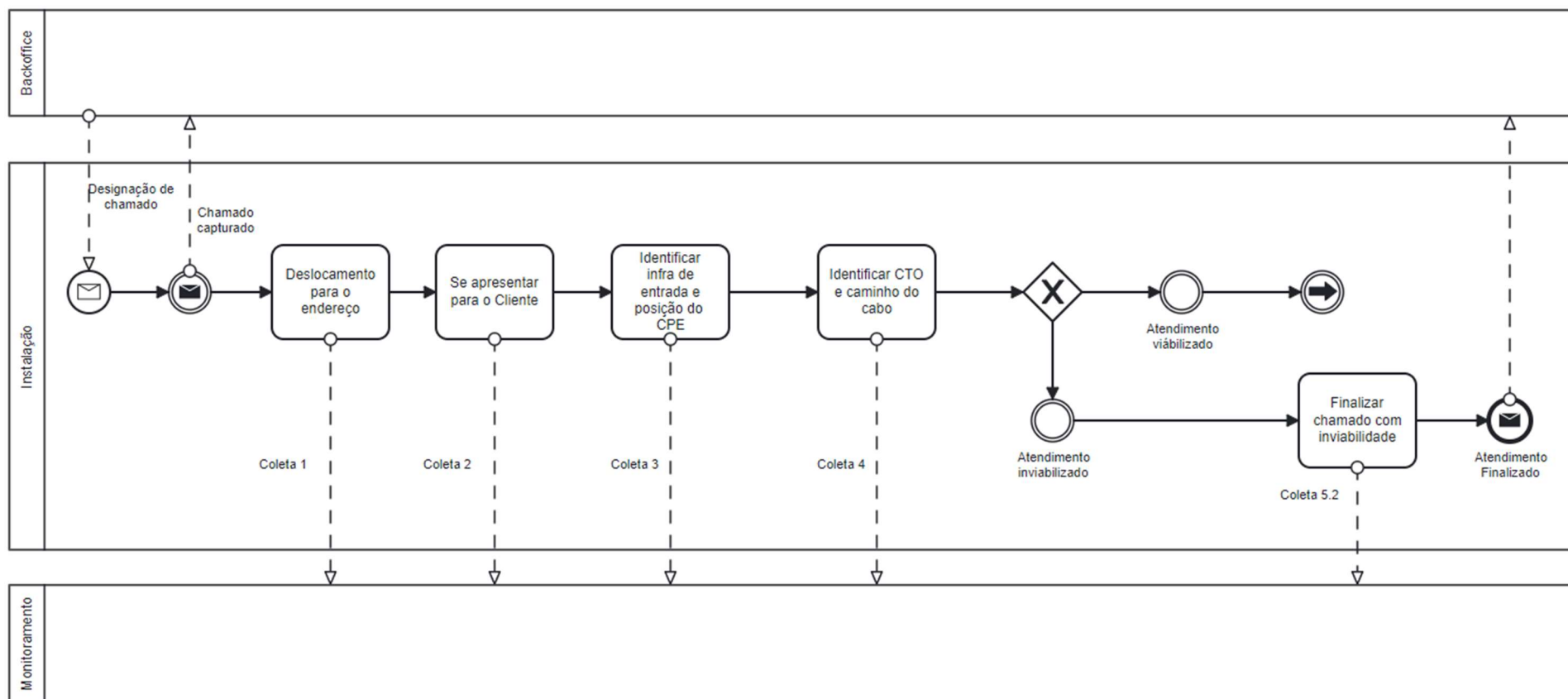
4.3 Entendimento dos dados

Os processos de serviços de campo de um ISP são mapeados e padronizados, permitindo variações mínimas, considerando restrições de ambiente, normas técnicas e regulamentos locais. Para a implementação de um modelo gerencial como o proposto, se faz necessário identificar claramente quais os pontos de oportunidade de coleta de dados em cada um dos processos.

Os processos estão representados segundo as convenções da notação *Business Process Model and Notation* (BPMN).

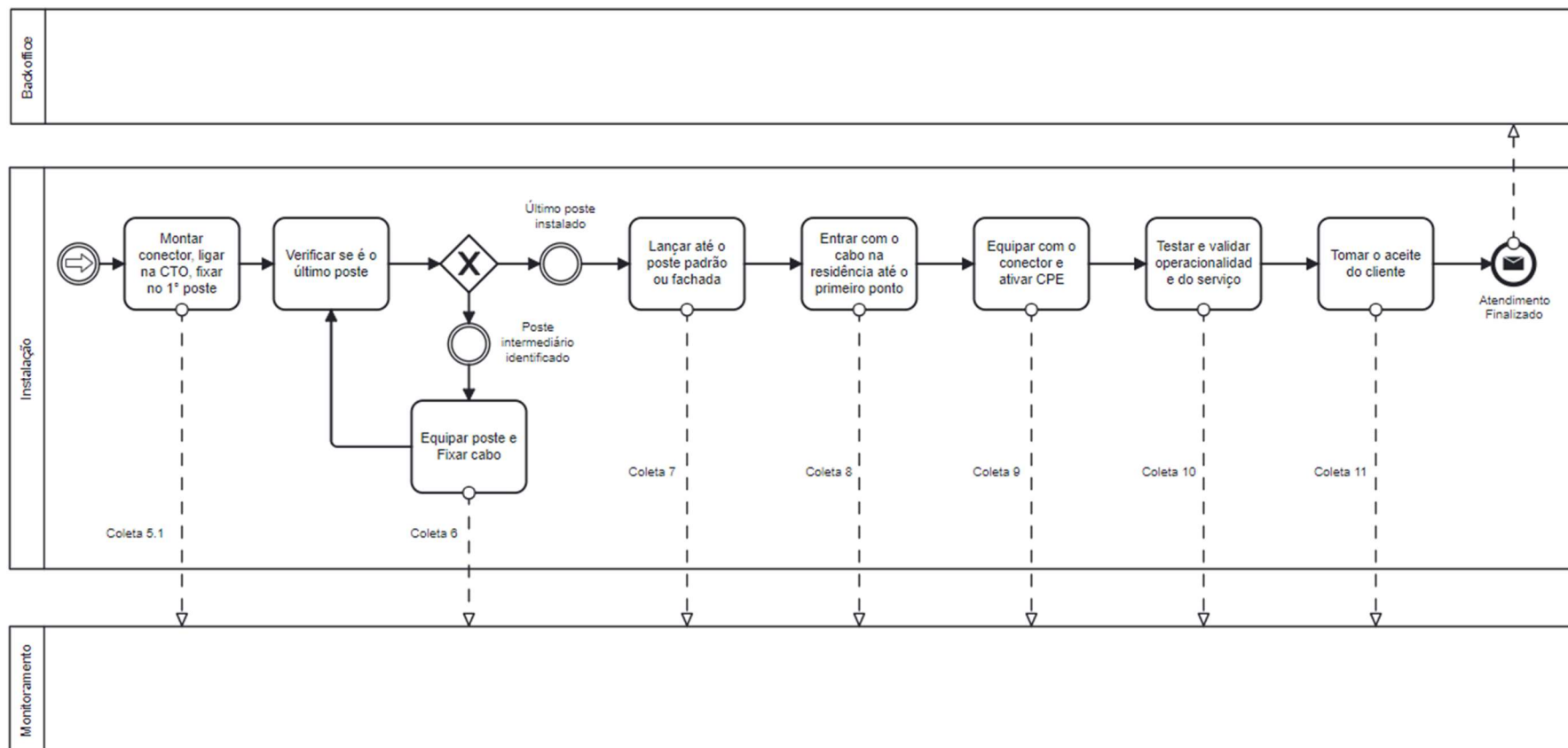
As Figuras 17 e 18 apresentam o processo de instalação, a Figura 19 mostra o processo de visita técnica. A Figura 20 apresenta o processo de remanejamento e as Figuras 21 e 22, o processo de retirada. É importante destacar que no processo de remanejamento, eventualmente será necessária uma nova instalação. E o processo de mudança de endereço envolve todo o processo de retirada e o de uma nova instalação.

Figura 17 – Processo de Instalação - parte 1



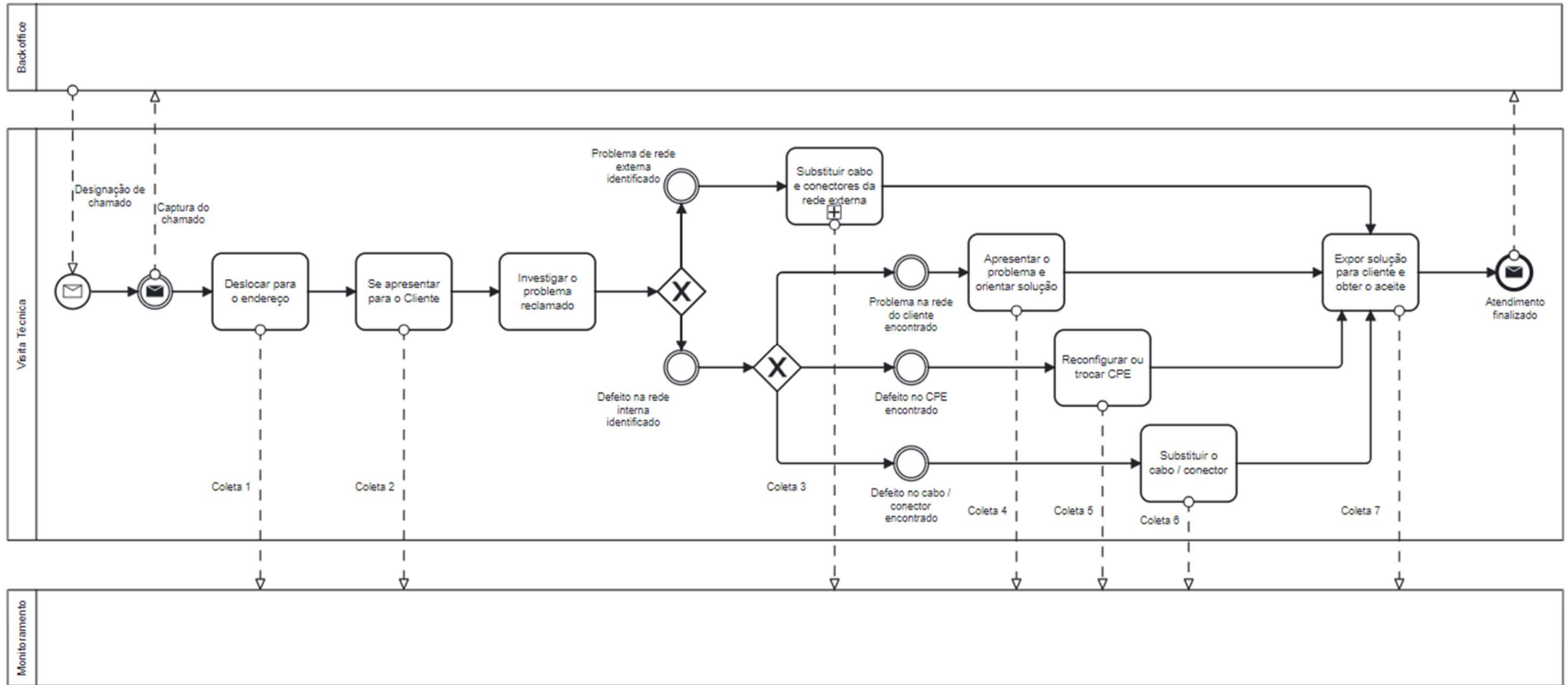
Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Figura 18 – Processo de Instalação – parte 2



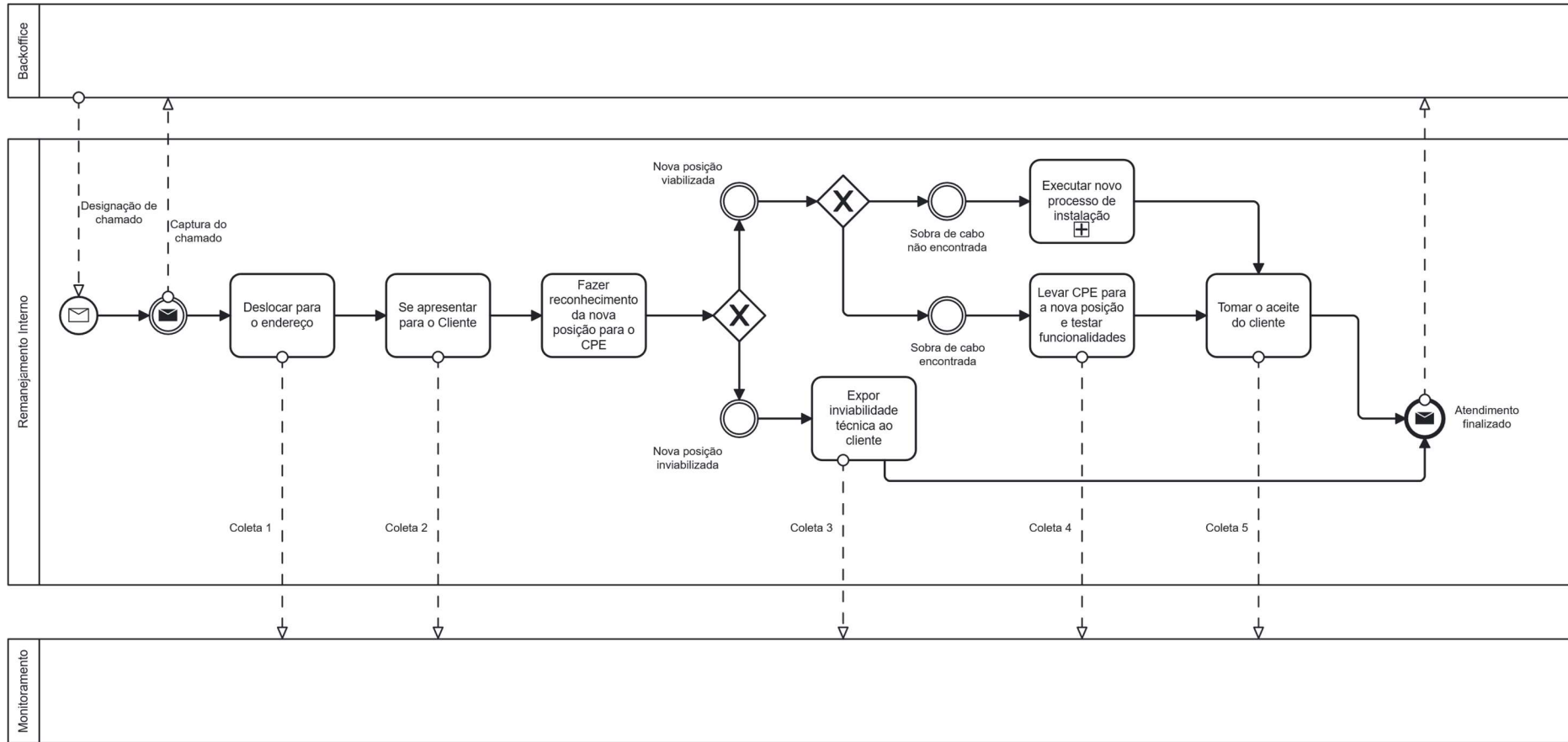
Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Figura 19 – Processo de Visita Técnica



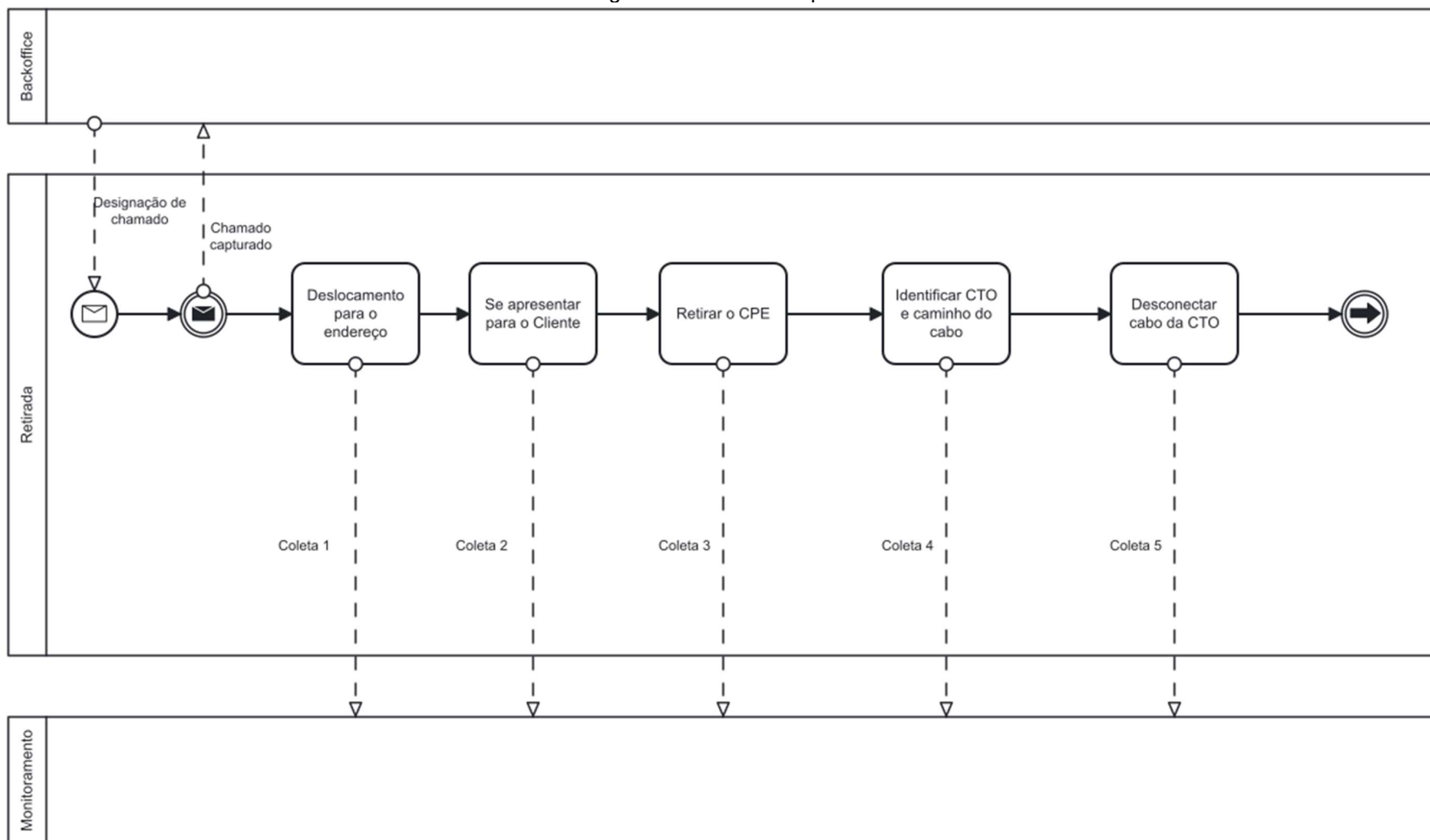
Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Figura 20 – Remanejamento Interno



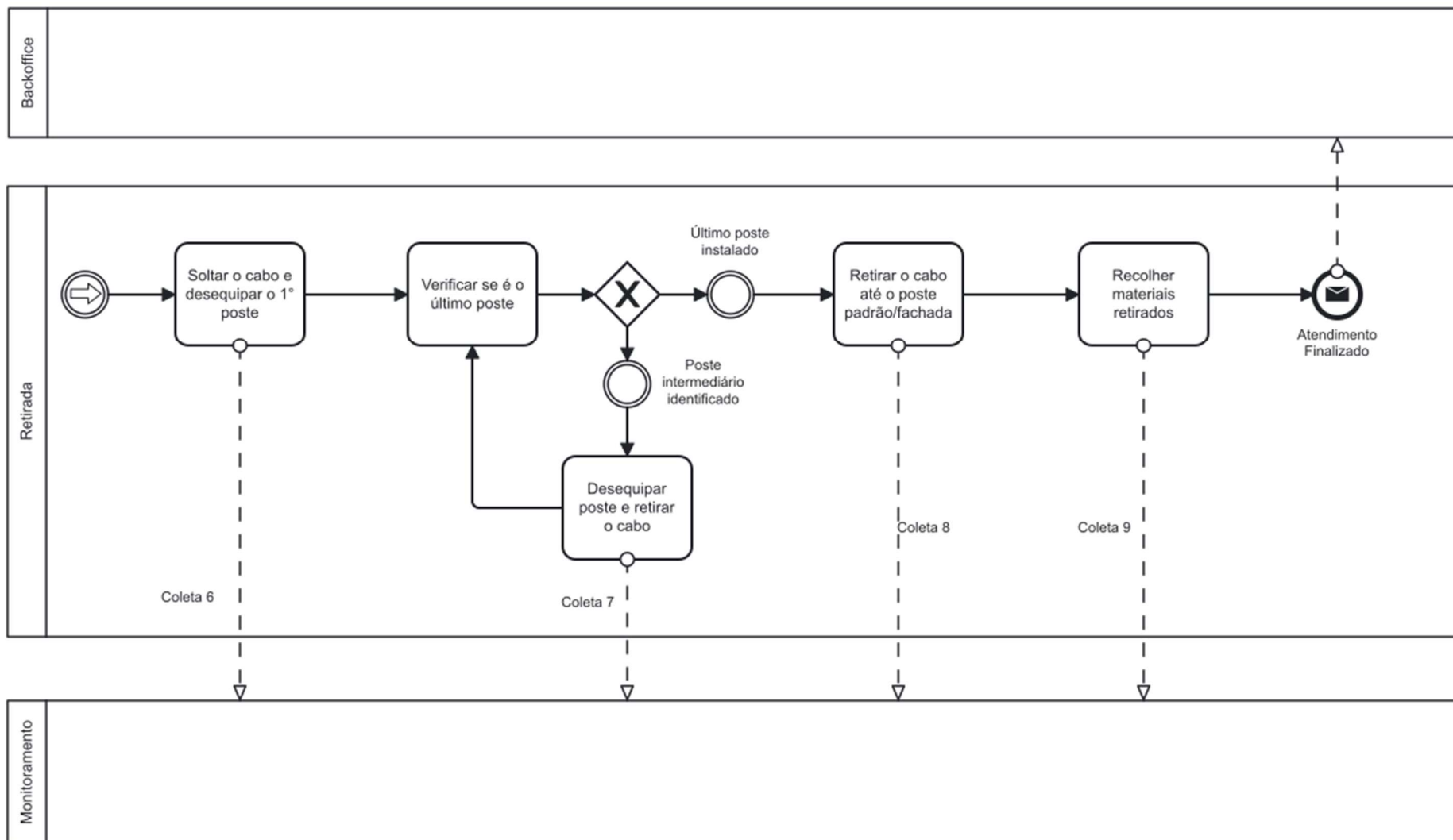
Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Figura 21 – Retirada – parte 1



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Figura 22 – Retirada – parte 2



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Tomando como exemplo o processo de instalação, como se observa nas Figuras 17 e 18, são encontradas onze oportunidades de coleta de dados. As coletas são representadas nas figuras como linhas tracejadas (mensagens), ligando as atividades ao processo de Monitoramento. Estas oportunidades são atividades do processo que obrigatoriamente devem ser cumpridos pela equipe para que esta possa concluir o serviço.

Com exceção do deslocamento da equipe, que pode ser acompanhada por meio de sistema de geoposicionamento, em cada atividade com coleta de dados apontada nas figuras existem elementos físicos identificáveis por meio de reconhecimento de imagem, (elementos de dados). Ao se apresentar ao cliente, por exemplo, o agente estará no endereço de destino que normalmente possui o número do imóvel na fachada. Alguém, maior de 18 anos, deve receber a equipe para que tenha acesso ao interior do imóvel.

Na atividade “Identificar infra de entrada e posição do CPE”, um local de instalação do equipamento do cliente (CPE) deve ser apontado pelo cliente. Na atividade “Identificar a CTO e o caminho do cabo” a caixa de terminação óptica (CTO) designada para a instalação deverá ser identificada.

Estes “elementos de dados” associados a cada atividade definem características particulares que podem determinar o estágio do processo. Uma vez capturados por uma fotografia ou filmados por uma câmera corporal, podem reunir informações suficientes para que, em um processamento posterior, possa determinar os tempos decorridos entre cada atividade do processo.

Os Quadros de 1 a 4 relacionam os conjuntos de elementos de dados associados a cada atividade de coleta de dados, para cada processo, destacando na coluna “Origem”, o sistema ou repositório do elemento de dado. Estas origens envolvem os sistemas ou dispositivos que já dispõem ou capturam a informação, por exemplo: o operacional (SO) da empresa, um sistema de processamento de mídia digital como uma câmera corporal ou um aplicativo em um aparelho móvel, e o sistema de rastreamento dos automóveis.

Quadro 1 – Elementos de dados do processo de instalação

Processo	Coleta	Atividade	Elementos de dados	Origem
Instalação		Chamado capturado	Bilhete de captura do chamado	SO/ERP
	1	Deslocamento para o endereço	Coordenadas de início, coordenadas de fim, percurso	Sistema de rastreamento
	2	Se apresentar para o cliente	Foto da fachada, número do endereço, porta, portão, pessoa que recepciona	Sistema de Processamento de mídia digital
	3	Identificar infra de entrada e posição do CPE	sala, tomada, armário, mesa, televisor, rack, interior da casa	
	4	Identificar CTO e caminho do cabo	CTO, inscrições na CTO, postes equipados, poste padrão	
	5.2	Finalizar chamado com inviabilidade	Audio descrevendo a inviabilidade	
	5.1	Montar conector, ligar na CTO, fixar no 1º poste	Montagem do conector próximo da CTO, ponte de terminais da CTO, ferragem de fixação em poste	
	6	Equipar poste e fixar cabo	Ferragem de fixação em poste	
	7	Lançar até o poste padrão ou fachada	Poste padrão, ferragem de fiação em poste padrão/fachada, conduíte de descida, caixa de passagem	
	8	Entrar com o cabo na residência até o primeiro ponto	Caixa de passagem, furo na fachada, caixa de distribuição, tomada interna	
	9	Equipar com o conector e ativar CPE	Conector próximo do CPE, próximo de televisor, em ambiente interno, CPE com os leds acesos, CPE com os cabos conectados	
10	Testar e validar operacionalidade do serviço	CPE com os leds acesos na apresentação operacional, tela de celular com teste de velocidade, tela de PC com teste de navegação		
11	Tomar o aceite do cliente	Foto da fixa de aceite assinada		
	Atendimento Finalizado	Bilhete de chamado encerrado, terminado Ok	SO/ERP	

Fonte: Elaborada pelo autor (2025)

Quadro 2 – Elementos de dados do processo de Visita Técnica

Processo	Coleta	Atividade	Elementos de dados	Origem
Visita Técnica		Chamado capturado	Bilhete de captura do chamado	SO/ERP
	1	Deslocar para o endereço	Coordenadas de início, coordenadas de fim, percurso	Sistema de rastreamento
	2	Se apresentar para o cliente	Foto da fachada, número do endereço, porta, portão, pessoa que recepciona	Sistema de processamento de mídia digital
	3	Substituir o cabo e conectores da rede externa ¹	Trecho do cabo rompido, CTO vandalizada, poste trocado, descida vandalizada	
	4	Apresentar o problema e orientar solução	Cabo ou conector da rede ethernet com defeito, roteador particular com defeito, equipamento do cliente sem Wi-Fi 5Ghz, CPE colocado em posição inapropriada, audio expondo a inviabilidade	
	5	Reconfigurar ou trocar o CPE	CPE sem sinal, CPE com leds apagados, CPE vandalizado	
	6	Substituir p cabo/conector	Conector quebrado, cabo rompido, cabo quebrado, cabo torcido ou amarrado	
	7	Expor solução para o cliente e obter o aceite	Ficha de aceite assinada	
	Atendimento finalizado	Bilhete de chamado encerrado, terminado ok	SO/ERP	

Fonte: Elaborada pelo autor (2025)

Quadro 3 – Elementos de dados do processo de Remanejamento

Processo	Coleta	Atividade	Elementos de dados	Origem
Remanejamento		Captura do chamado	Bilhete de captura do chamado	SO/ERP
	1	Deslocar para o endereço	Coordenadas de início, coordenadas de fim, percurso	Sistema de rastreamento
	2	Se apresentar para o cliente	Foto da fachada, número do endereço, porta, portão, pessoa que recepciona	Sistema de processamento de mídia digital
	3	Expor inviabilidade técnica ao cliente	Audio descrevendo inviabilidade	
	4	Executar novo processo de instalação	Cabo sem sobra na instalação interna, cabo sem sobra no poste	
	5	Levar CPE para a nova posição e testar funcionalidade	Foto do CPE instalado, com os leds em operacionalidade	
	6	Tomar o aceite do cliente	Foto da ficha de aceite assinada	
	Atendimento finalizado	Bilhete de chamado encerrado	SO/ERP	

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Quadro 4 – Elementos de dados do processo de Retirada

Processo	Coleta	Atividade	Elementos de dados	Origem
Retirada		Captura do chamado	Bilhete de captura do chamado	SO/ERP
	1	Deslocar para o endereço	Coordenadas de início, coordenadas de fim, percurso	Sistema de rastreamento
	2	Se apresentar para o cliente	Foto da fachada, número do endereço, porta, portão, pessoa que recepciona	Sistema de processamento de mídia digital
	3	Retirar o CPE	CPE com a fonte	
	4	Identificar CTO e caminho do cabo	CTO, inscrições na CTO, postes equipados, poste padrão	
	5	Desconectar cabo da CTO	Face de conectores com e sem o conector retirado, devidamente tampada	
	6	Soltar o cabo e desequipar o 1º poste	Poste com o cabo equipado e sem o cabo e desequipado	
	7	Desequipar poste e retirar o cabo	Poste com o cabo equipado e sem o cabo e desequipado	
	8	Retirar o cabo até o poste padrão/fachada	Poste com o cabo equipado e sem o cabo e desequipado	
	9	Recolher materiais retirados	Conjunto de materiais retirados devidamente acomodados para transporte	
	Atendimento finalizado	Bilhete de chamado encerrado	SO/ERP	

Fonte: Elaborada pelo autor (2025)

4.4 Preparação dos dados

A definição dos mecanismos de monitoração observa o princípio de que se deve monitorar e controlar a evolução dos processos de serviços de maneira não coercitiva e fluente no processo. Ou seja, o método não deve incluir esforço significativo para que não imponha resistência a sua aplicação no dia a dia, além de incluir mecanismos de gamificação, tornando a coleta uma atividade lúdica.

Os elementos de dados devem ser coletados a cada passo de cada processo em execução permitindo um monitoramento, pelas equipes de gestão, de forma que

se possa prever, com alguma precisão, em quanto tempo a equipe estará disponível para um novo atendimento e, portanto, em uma visão global, conhecer a capacidade de atendimento disponível. O método proposto, permitirá que o ISP se comprometa com uma agenda horária de atendimentos ou mesmo poderá dimensionar adequadamente o número de atendimentos possíveis em um período de serviço.

Considerando as características de um sistema baseado em *deep learning*, será necessário um planejamento de três etapas para a implementação do modelo de sistema proposto, já considerando uma etapa de evolução da sua aplicação.

1. Uma primeira etapa para obter um conjunto de imagens classificadas suficiente para se criar um conjunto de treinamento de cada “classe”, (elemento de dado); além de um conjunto separado para o teste de validação do modelo criado pelo algoritmo.
2. Uma segunda etapa, em que já será possível se utilizar do modelo treinado, e então será possível aplicá-lo na medição dos tempos entre atividades, ainda se utilizando de fotografias de elementos de dados de atividades do processo.
3. A terceira etapa, será uma evolução natural do uso do sistema, permitindo a ampliação da sua aplicação, considerando um modelo treinado e capaz de identificar cenas em trechos de um vídeo capturado de todo o atendimento.

Neste sentido, a primeira etapa deve utilizar-se de uma arquitetura de aplicação de preparação para a implementação do modelo final desejado. Esta aplicação de preparação deverá ter um mecanismo de captura e classificação das imagens dos elementos de dados e um sistema de *back-end*, preliminar, para a medição dos tempos entre estes eventos.

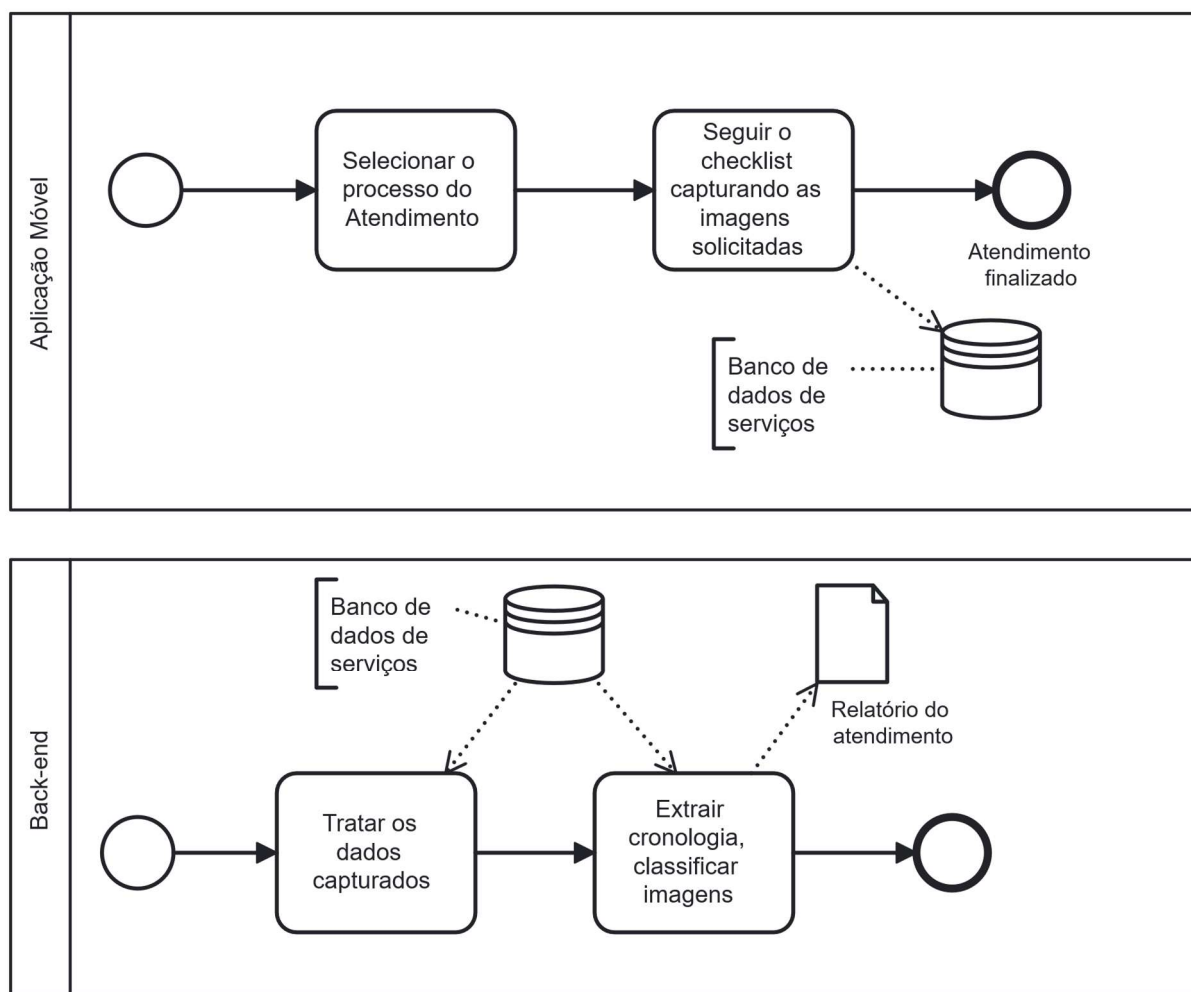
O proposto para a primeira etapa é a implementação de um aplicativo móvel em se possa escolher o tipo de atendimento e, com isso, levar o agente ao processo esperado e, conseqüentemente, a um checklist de atividades que deverão ser cumpridas para a realização do processo. A Figura 23 mostra o processo funcional deste sistema.

A cada atividade, o aplicativo deve solicitar imagens do elemento de dado correspondente, considerando a atividade como completa. Sempre deverá haver a alternativa da gravação de um áudio, em substituição à imagem, para justificar uma eventual impossibilidade da captura da imagem. Cada imagem deve ter o registro do

processo e atividade relacionada, além das coordenadas do local, data e hora da sua inserção.

O sistema de *back-end*, em um servidor web, deverá analisar a cronologia e a adequação dos registros aos processos tratando e classificando as imagens além de transcrever e relatar eventuais áudios de justificativa.

Figura 23 – Processo funcional do sistema proposto para a primeira etapa



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Em uma avaliação sobre o número de imagens necessárias para se construir um banco de imagens com quantidade suficiente para se treinar um algoritmo para a identificação com qualidade, Shahinfar, Meek e Falzon (2020) concluem, utilizando diferentes quantidades de imagens e submetendo a seis diferentes arquiteturas de algoritmos de *deep learning*, que a acurácia, a precisão e *recall* geral, têm uma relação logarítmica com o número de imagens no conjunto de treinamento do algoritmo. A afirmação é consistente com os resultados apresentados por Tabak *et al.* (2019). Ambos trabalhos utilizaram imagens de animais em ambiente de habitat, obtendo uma

acurácia e precisão consideráveis a partir de 500 imagens na amostra de treinamento. Esta afirmação também pode ser suportada por Barz e Denzler (2020).

Considerando o conjunto de elementos de dados sugerido para o treinamento no modelo proposto e sua característica estática e padronizada, uma quantidade equivalente seria suficiente para se montar os conjuntos de treinamento e teste necessários para o início da segunda etapa.

Conhecendo a média de serviços encerrados mensalmente por uma equipe de campo de um ISP, como apresentado no apêndice A, é possível afirmar que uma equipe seria capaz de coletar, em serviço, um número de 500 conjuntos de elementos de dados de diferentes processos de atendimento, em um período de 5 a 6 meses. Este tempo, logicamente, pode ser reduzido com a multiplicação de equipes de coleta.

Na segunda etapa, os dados coletados já poderão ser diretamente submetidos ao algoritmo treinado, o que permitirá a extração e tratamento dos dados coletados. Estes dados permitirão a identificação dos elementos de dados e o momento da coleta, o que proporciona a medição dos tempos entre os eventos do processo. Esses registros poderão ser avaliados em um *data warehouse*.

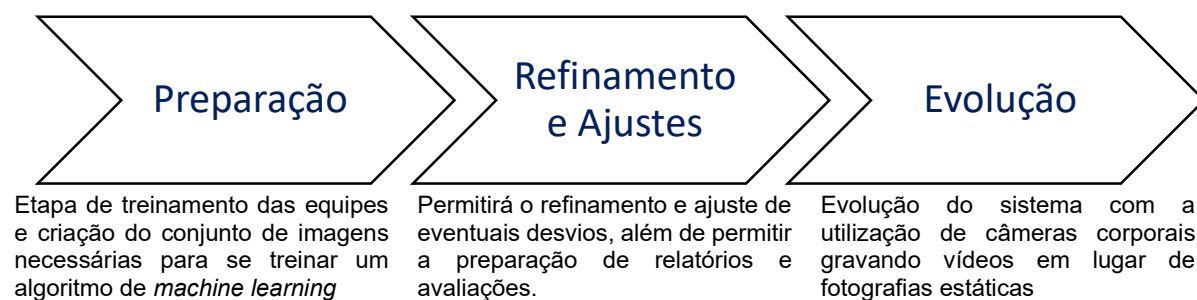
O objetivo aqui é a medição da produtividade, portanto, há que se atentar para os tempos dispendidos em cada fase dos processos, além da efetividade do atendimento.

À medida que se obtiverem validação e consistências dos dados coletados e avaliados, uma terceira etapa poderá ser implementada. A captura dos elementos de dados poderá passar a ser feita por um vídeo gravado em uma câmera corporal de forma ininterrupta e tratado no sistema de *back-end* pelo algoritmo validado.

4.5 Modelagem

A proposição do modelo considera três etapas para a construção do sistema. Uma preparação, em que deverão ser coletadas as imagens, elementos de dados necessárias ao treinamento do algoritmo de reconhecimento. Uma fase de refinamento e ajustes, necessária para a avaliação dos dados coletados e do modelo de reconhecimento treinado. E uma terceira, em que se poderá evoluir do simples reconhecimento de imagens estáticas capturadas por um dispositivo móvel, para uma efetiva observação do serviço por meio de uma câmera corporal. O fluxo explicativo é mostrado na Figura 24.

Figura 24 – Três etapas na implementação do modelo proposto

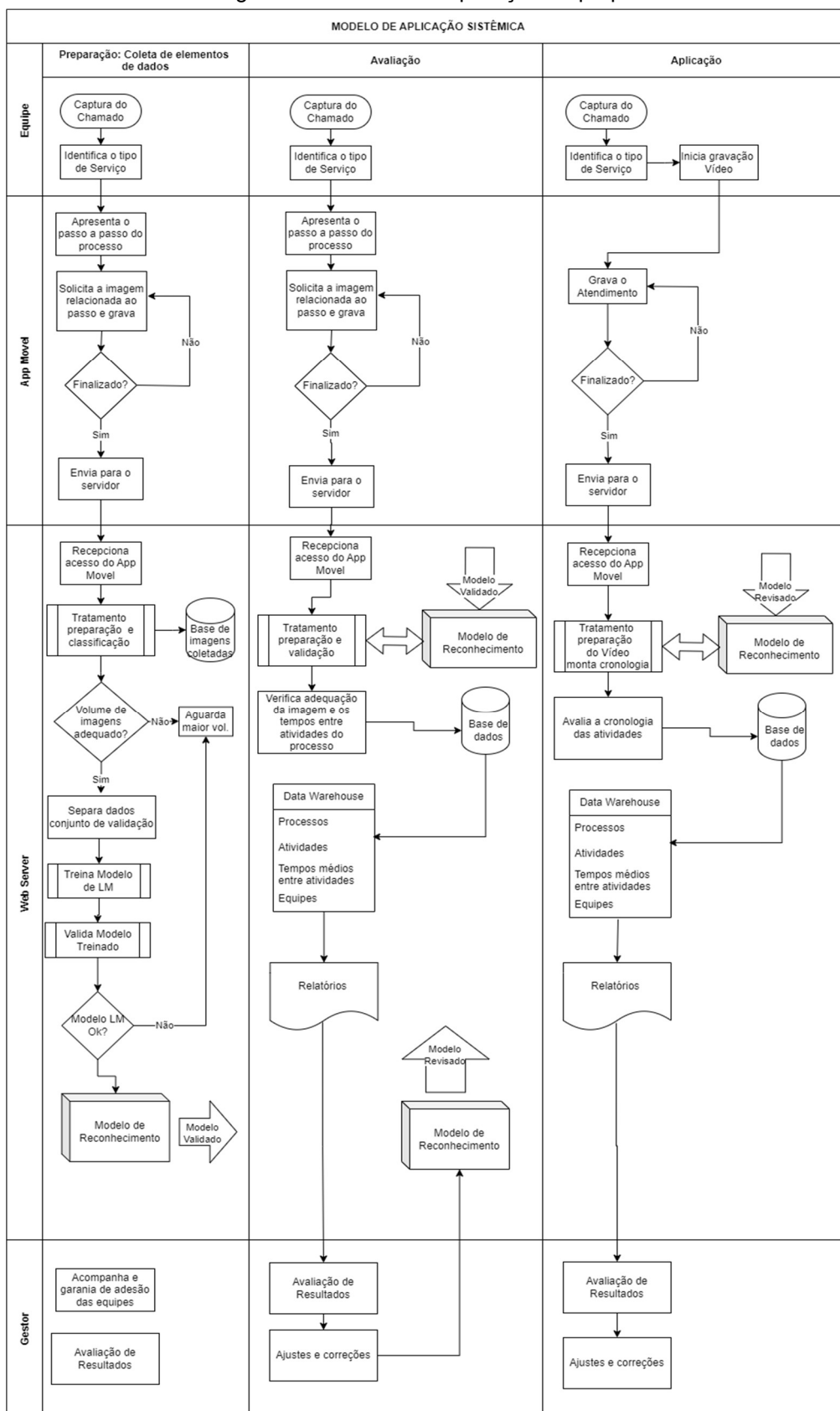


Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Portanto, o modelo do sistema de informação proposto considera as três etapas de implementação o que obriga o detalhamento de cada um dos modelos de implementação intermediários e necessários à sua conclusão. O modelo completo, desta forma, passa por um modelo de estrutura de implementação da preparação (Figura 26), um modelo de estrutura de implementação de avaliação (Figura 27), um modelo dimensional do *data warehouse*, para o tratamento e avaliação dos dados coletados (Figura 28) e, por fim, um modelo de estrutura de implementação da evolução do sistema.

A Figura 25 apresenta um fluxograma do modelo de aplicação desta proposição.

Figura 25 – Modelo de aplicação do proposto



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Ao se utilizarem sistemas de aprendizagem de máquina é mandatória uma fase de preparação dos algoritmos para a finalidade pretendida. O modelo proposto prevê na preparação, um período de coleta de imagens que serão utilizadas para o treinamento do algoritmo utilizado.

Nesta etapa, a proposta é se utilizar de uma aplicação móvel, que pode estar implementada em um aparelho celular, e que apresenta um checklist dos processos de atendimento. Ao ser identificado pela equipe o tipo de serviço, o aplicativo deve apresentar uma sequência de atividades a serem cumpridas, tendo como obrigatória a captura de imagens. O ideal é a captura de mais de uma imagem, em ângulos e contrastes diferentes. A imagem poderá, eventualmente, ser substituída por um áudio explicativo do motivo para não se fazer a captura da imagem.

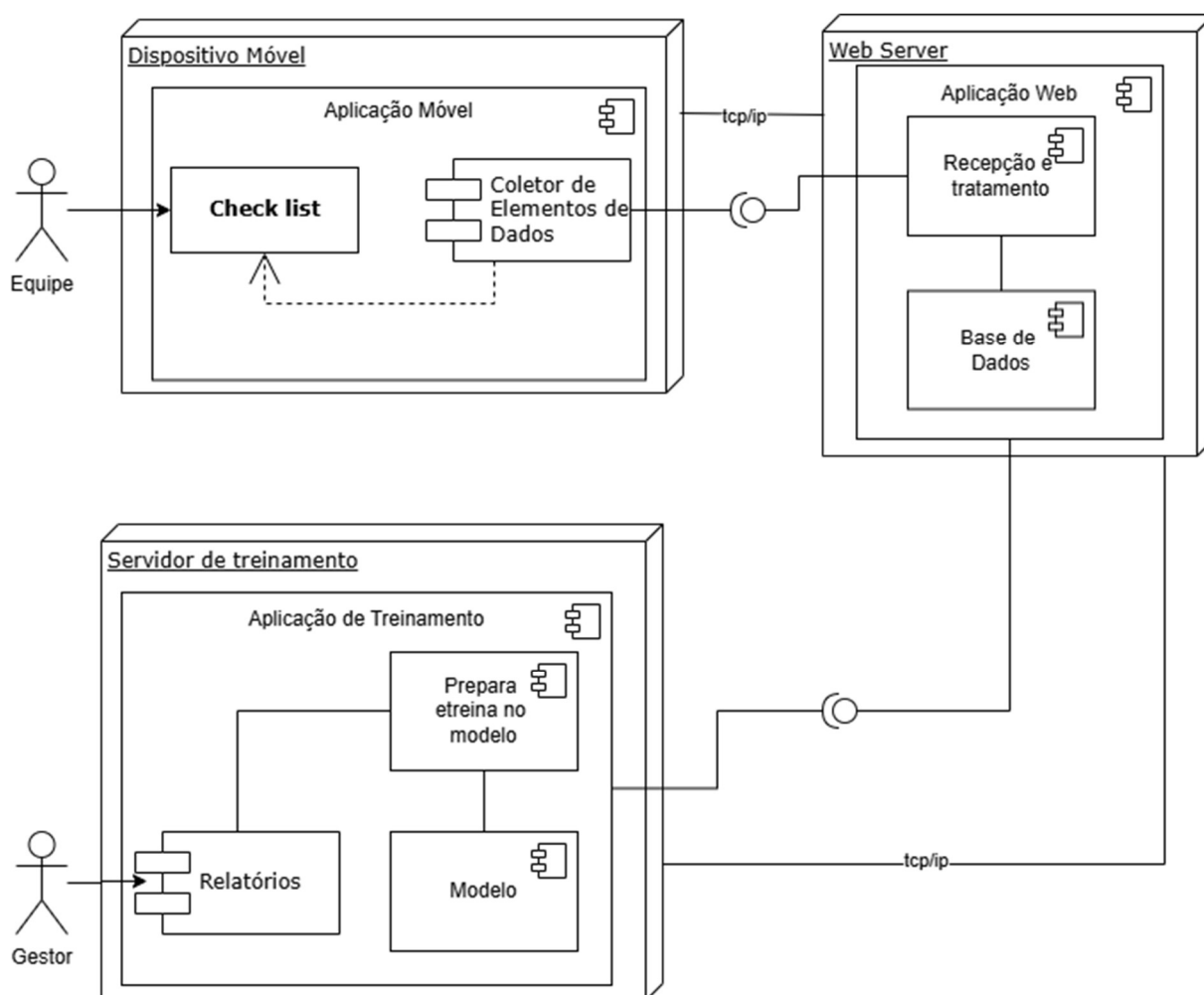
Ao se utilizar um checklist, o processo em si já permite a classificação das imagens capturadas, o que vai permitir a criação de um banco de dados qualificados que serão utilizados no processo de preparação do algoritmo de reconhecimento.

Como já comentado, quanto maior o volume de amostras da imagem a ser reconhecida melhor é a acuidade dos algoritmos e, portanto, melhor a efetividade do processo.

Para que se obtenha adesão equipes e maior precisão dos dados coletados, é fundamental a introdução no processo de mecanismos de premiação ou distinção de equipes que consigam melhores amostras de imagem, ou já apresentem melhor performance na execução. A gamificação do ambiente de trabalho promove engajamento e foco na produtividade além de melhorar o relacionamento entre funcionários (Rahiman, Hudikal, Suresh, 2024).

O modelo completo deve seguir as três etapas propostas. Em cada uma delas uma estrutura de implementação do sistema será necessária. A Figura 26 apresenta a estrutura do sistema de preparação na notação UML. Nesta etapa devem ser utilizados aparelhos móveis com um aplicativo de coleta de imagens a partir de um checklist. Estes dados são enviados para um servidor que os trata e armazena para posterior utilização na preparação do modelo de aprendizagem e reconhecimento.

Figura 26 – Estrutura de implementação do sistema de preparação

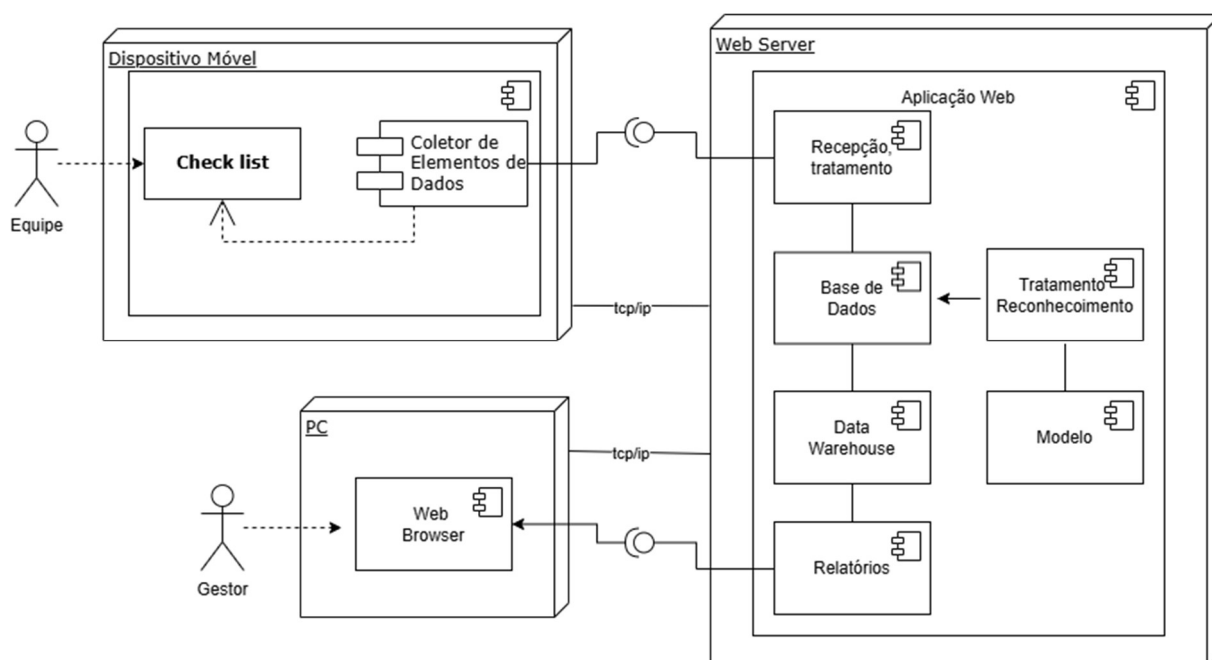


Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Na fase de avaliação o sistema deve ganhar mecanismos mais robustos de acesso às informações coletadas e tratadas, uma vez que o modelo de reconhecimento de imagens já está efetivo. Um processamento capaz de determinar a cronologia das atividades do serviço deverá ser implementada, tornando viável a avaliação do seu andamento. Aqui ainda se utilizam de imagens estáticas, capturadas pelas câmeras de um aparelho celular.

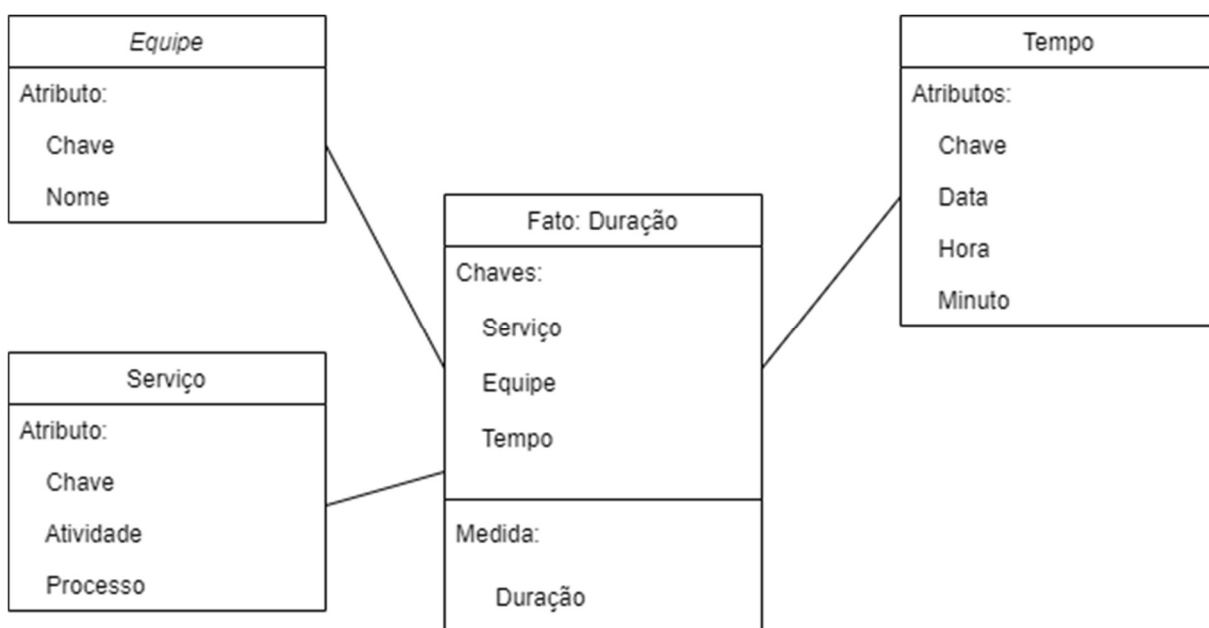
O sistema de avaliação deverá ter a estrutura mostrada no diagrama UML da Figura 27.

Figura 27 – Estrutura de implementação do sistema de avaliação



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Na fase de avaliação será possível a implementação de um *data warehouse* que permita cruzar os dados relativos ao andamento dos serviços, relacionando a equipe, serviço e o tempo. Um modelo dimensional proposto para este *data warehouse* é o mostrado na Figura 28.

Figura 28 – Modelo dimensional proposto para um *data warehouse*

Fonte: Elaborado pelo Autor

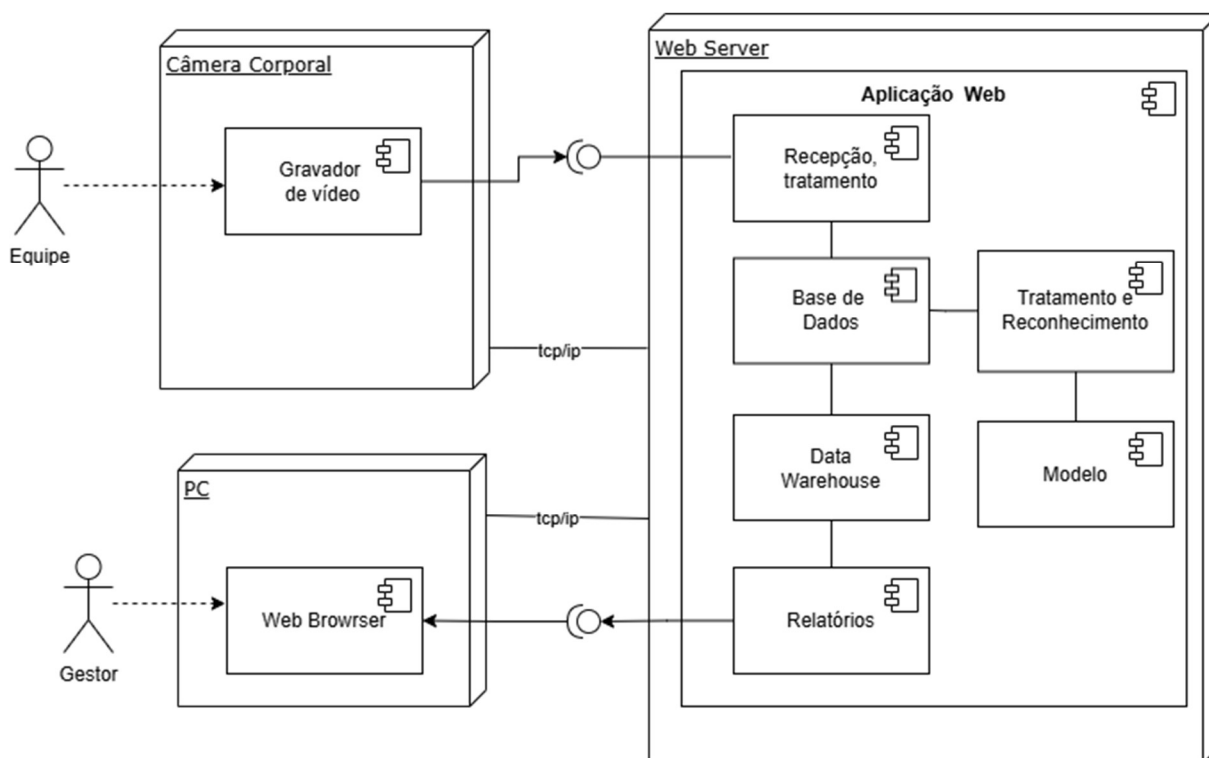
Uma vez que os sistemas desenvolvidos estejam consolidados e os mecanismos de reconhecimento validados, passa a ser possível uma evolução do sistema para o reconhecimento de imagens em vídeo.

A partir de uma câmera corporal utilizada pelo técnico, é possível observar todo o atendimento, de forma que não seja mais necessária a intervenção do agente. As imagens sendo transferidas em tempo real ou em lote, permitem tratamento e avaliação da cronologia das atividades sem impactar o andamento do serviço.

O *data warehouse* permite a construção de um painel (ou *dashboard*) para a análise do cruzamento das informações e assim a identificação de oportunidades de melhoria e evolução dos processos.

Por fim, a Figura 29 apresenta uma estrutura de implementação em um diagrama UML do sistema evoluído.

Figura 29 – Estrutura de implementação do sistema evoluído



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

4.6 Avaliação

A avaliação da aplicabilidade do modelo proposto foi feita a partir de uma pesquisa qualitativa. Uma compilação do modelo proposto, em texto entregue em meio eletrônico e uma apresentação, gravada em vídeo, foram disponibilizadas para cinco gestores de operações de telecomunicações.

A pesquisa qualitativa foi elaborada com a intenção de se confirmar se serviços de campo de telecomunicações apresentam oportunidades de melhoria de produtividade e se uso do estudo do tempo, como método de monitoramento, seria válido. Questionou-se ainda a viabilidade de se utilizar um checklist de atividades do processo, em aplicativo móvel, como ferramenta para obtenção de imagens e sobre a viabilidade de se utilizarem câmeras corporais em serviços de telecom.

A pesquisa foi elaborada num formulário do Google Formulários e o vídeo no Youtube, sendo que os links de acesso e o material escrito foram enviados por meio de convite de participação por e-mail.

As perguntas aplicadas na pesquisa foram as seguintes:

1. Em que área profissional você atua?
2. Conhecendo o modelo proposto, responda: Na sua opinião serviços de campo apresentam oportunidades de melhoria de produtividade? Sim ou Não, Justifique.
3. Na sua opinião, a proposta de contabilizar o tempo despendido em cada atividade do processo de atendimento, seria gerencialmente útil? Sim ou Não, Justifique.
4. Na sua opinião, a proposta de se utilizar um aplicativo de celular com um checklist de atividades do processo a ser executado, para capturar imagens relacionadas e já classificá-las, seria aplicável? Sim ou Não, Justifique.
5. Na sua opinião, o uso de câmeras corporais e um sistema que permitisse acompanhar o desempenho dos trabalhos da equipe de campo poderiam apoiar decisões de melhoria dos processos de atendimento? Sim ou Não, Justifique.
6. Na sua opinião, você considera possível a implementação do sistema proposto no modelo em uma empresa operacional? Sim ou Não, Justifique.

Após a compilação das respostas foi possível concluir que a unanimidade dos pesquisados consideram o modelo proposto implementável em uma empresa operacional.

Houve um “talvez” na pergunta 4, sobre o uso do checklist num celular, com o argumento de que a manipulação de ferramentas e um celular, particularmente, nas atividades em escada, em poste, seria confuso e poderia criar algum risco.

O único ponto questionado, mais de uma vez, foi o uso de câmeras corporais, o que o modelo sugere na sua terceira etapa. O questionamento argumenta com o risco de quebra de privacidade de clientes e do próprio profissional em serviço.

De forma unânime, os pesquisados consideraram o modelo viável e implementável.

As considerações sobre os riscos de se utilizar um celular nas atividades em escada, têm sentido, porém o uso do celular não imporia risco distinto da utilização de qualquer ferramenta, já necessária para as atividades de execução.

Sobre a exposição da privacidade do operador e do cliente com a utilização de uma câmera corporal, deve-se considerar que existem definições claras na norma, onde se inclui a Lei Geral de Proteção de Dados – LGPD, que regram a manipulação de dados sensíveis e privados, estabelecendo a necessidade de processos e critérios para o seu uso e divulgação. Os dados coletados em câmeras corporais não deverão ter tratamento diferente das conversas gravadas de atendimentos telefônicos ou de dados de financeiros, de contatos ou de utilização de serviços do cliente. Todos dados correntemente utilizados por empresas prestadoras de serviços e que são devidamente protegidos por processos e sistemas de segurança e proteção de dados.

O Apêndice B apresenta as respostas à pesquisa de avaliação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo principal desenvolver um modelo para a implementação de aprendizagem de máquina no reconhecimento de imagens para o desenvolvimento de um sistema de informação para o monitoramento do processo de prestação de serviços de empresas de telecomunicações. A questão central respondida pela pesquisa foi como monitorar a produtividade das atividades de pessoas em trabalho autônomo e remoto por meio de sistemas de informação.

Para alcançar este objetivo, a pesquisa adotou a metodologia CRISP-DM (*Cross-Industry Standard Process for Data Mining*), em suas cinco primeiras fases, deixando como sugestão para uma futura pesquisa, a sua implementação. Como parte fundamental do processo, apresentou o mapeamento dos processos mais importantes do atendimento de equipes de campo de telecomunicações, incluindo instalação, visita técnica, remanejamento interno e retirada de serviços.

Baseando-se na extensa vivência do autor em ambientes de operações de campo, foi realizada uma descrição detalhada das oportunidades de coleta de dados úteis para o monitoramento dentro desses processos. O desenvolvimento do modelo de sistema proposto considerou uma implementação em três etapas distintas: preparação (coleta de imagens), refinamento e ajustes (utilização do modelo treinado) e evolução (uso de câmeras corporais com vídeo). Esta opção visou a viabilização, inclusive econômica, de uma implementação recorrendo exclusivamente aos insumos gerados pelo dia-a-dia de uma operação normal de uma empresa de telecomunicações. O recurso fundamental para se implementar o modelo, o banco de imagens classificadas, pode ser obtido de uma forma prática e integrada ao cotidiano operacional. A avaliação qualitativa com especialistas confirmou a viabilidade e a possibilidade da implementação do modelo proposto.

Como resultado principal, esta pesquisa contribui com uma abordagem de monitoração de produtividade de forma automática, exigindo o mínimo de requerimentos do operador e promovendo a aderência das equipes de forma orgânica e sistêmica. A proposta valida a possibilidade de se administrar de forma mais eficaz equipes remotas e autônomas na execução de suas atividades. Além disso, a pesquisa contribuiu com os modelos de implementação dos sistemas em todas as fase da aplicação do modelo.

A documentação e o desenvolvimento deste trabalho foram significativamente aprimorados pela utilização de ferramentas de modelagem padrão da indústria. A

notação BPMN (*Business Process Model and Notation*) foi fundamental para mapear e padronizar os processos de serviço de campo, permitindo a clara identificação dos pontos de oportunidade para a coleta de dados. A BPMN é amplamente utilizada por sua clareza e facilidade de compreensão, sendo um padrão mundialmente adotado para representar processos de negócio. Para documentar a proposta dos modelos de implementação do sistema de informação, a escolha recaiu sobre a UML (*Unified Modeling Language*), uma linguagem padrão para a elaboração da estrutura de projetos de software complexos. A UML permitiu visualizar, especificar e documentar os artefatos do sistema proposto, utilizando seus blocos de construção como itens estruturais (componentes, nós), interfaces, atores, mensagens e vínculos. A estrutura de implementação das diferentes etapas do sistema (preparação, avaliação e evolução) foi detalhada utilizando diagramas UML. Adicionalmente, diagramas de fluxo, como os utilizados para representar o processo funcional da primeira etapa e o modelo de aplicação geral, foram empregados para ilustrar a sequência e o fluxo de informações no sistema proposto, facilitando a compreensão de sua dinâmica.

A aplicação de sistemas de informação na gestão da produtividade de equipes de campo é um caminho natural para a solução de desafios gerenciais, e a crescente importância dos serviços na economia reforça a relevância contínua deste estudo. Do ponto de vista teórico, a pesquisa abre caminho para estudos futuros que possam validar os efeitos do modelo proposto no comportamento e na saúde emocional dos profissionais envolvidos. A adaptação do estudo do tempo ao contexto de serviços, apesar de não ser direta devido ao ambiente menos padronizado, continua sendo uma área promissora.

A área de pesquisa caminha no sentido de utilizar a abundância de dados gerados no dia a dia operacional, combinada com avanços em inteligência artificial, aprendizado de máquina e reconhecimento de imagem, para gerar insights estratégicos e melhorar a eficiência. Na prática, este trabalho não apresentou uma implementação completa devido à sua complexidade e ao tempo necessário para a coleta de um volume relevante de imagens. Assim, um projeto de implementação do modelo proposto é sugerido como uma nova pesquisa ou empreendimento prático, utilizando as estruturas de implementação dos sistemas e o modelo dimensional do *data warehouse* apresentados. Aspectos éticos e legais relacionados ao uso de câmeras corporais e à privacidade também representam uma área importante para futuras investigações teóricas e práticas.

Extrapolando o campo de aplicação desta pesquisa, a utilização de algoritmos de aprendizagem de máquina em reconhecimento de imagem de cenas cotidianas se mostra útil e eficaz para o estudo e aprimoramento de processos de serviços. Em atividades de equipes de campo como na manutenção de redes elétricas, na logística, saneamento; ou mesmo em processos da construção civil, segurança do trabalho ou no agronegócio. Esta pesquisa demonstra que qualquer atividade baseada em processos pode ser acompanhada.

REFERÊNCIAS

- AMIRUL, Sharifah; PAZIM, Khairul Hanim; AMIRUL, Sharifah Milda; MAIL, Rasiid; DASAN, Jakaria. Developing and Validating the Qualitative Labour Productivity Measurement In Service Industry. **Quality & Quantity**, Malasia. 2021. Vol.56, n° 4, pp. 2853-2874. 2021.
- AVILKINA, Nina Alekseevna. The Role of the Service Sector in the Economy. **Panorama Science and Practice**. no 2. 2024
- BADR, Bentalha; AZIZ, Hmioui; LHOUSSAINE, Alla. The Global Performance of a Service Supply Chain: A Simulation-Optimization Under Arena, Lecture Notes in Networks and Systems. **Innovations in Smart Cities Applications**, Vol. 4, pp. 489–502, 2021
- BAILY, Martin N.; GORDON, Robert J. The Productivity Slowdown, Measurement Issues, and Explosion of Computer Power. **Brookings Papers on Economic Activity**, Vol. 2, 1988.
- BARROS, F. C. **Motivação e Satisfação no Trabalho dos Servidores Técnicos Administrativos em Educação**. 2015. 180 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Organizacional) Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2015. Disponível em: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/4558>. Acesso em: 30 out. 2021.
- BARÓN RAMÍREZ, E.; GARCÍA ESTRELLA, C. W. e SÁNCHEZ GÁRATE, S. K. La Inteligencia de Negocios y la Analítica de Datos en los Procesos Empresariales. **Revista Científica de Sistemas e Informática**, Vol. 1 no. 2, pp. 37-53. 2021.
- BARZ, B., e DENZLER, J. “Do We Train on Test Data? Purging CIFAR of Near-Duplicates,” **Journal of Imaging**, vol. 6, no. 6, p. 41, Jun. 2020,
- BERNDT, Jesenko e THALMANN, Stefan. Analyzing the Introduction of Data-Driven Service Innovation Processes: Stages of Implementation, Success Factors, and Prerequisites. **Journal of Service Management Research**, vol. 7, no. 1, pp. 39–51, 2023.
- BOOCH, Grady; RUMBAUGH, James; JACONSON, Ivar. **UML. Guia do Usuário**. 2° Ed. Rio de Janeiro, Campus-Elsevier. 2012. Tradução: Fábio Freitas da Silva e Cristina de Amorim Machado.
- BOWMAN, R. T. Measuring the Productivity of Service Industries. **The Journal of Business**, Vol. 38 no.1, pp. 31-46, 1965.
- CANTARELLI, P. Information Systems, Management and Performance in Mission Driven Organizations. Palgrave Macmillan, Cham. pp. 53-64, 2023.
- CORRADINI, F.; FERRARI, A.; FORNARI, F.; GNESI, S.; POLINI, A.; RE, B.; SPAGNOLO, G. O. A Guidelines Framework for Understandable BPMN Models. University of Camerino, Camerino, Pisa, Italy; **Data & Knowledge Engineering**, 2018.
- CORDTS, M.; OMRAN, M.; RAMOS, S.; REHFELD, T.; ENZWEILER, M., RENENSON, R.; FRANKE, U.; ROYH, S.; SHIELE, B. The Cityscapes Dataset for

Semantic Urban Scene Understanding in Proceedings of **The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition**, 2016, pp. 3213-3223

CHAPMAN, P.; CLINTON, J.; KERBER, R.; KHABAZA, T.; REINARTZ, T., SHEARER, C. and WIRTH, R. CRISP-DM 1.0: Step-by-step data mining guide, **CRISP-DM Consortium**, 2000

CHASE, R. B. The customer contact approach to service operations. **Harvard Business Review**, 1981., Vol. 59 no. 5, pp. 138-149,

CHEN, Hong; GENG, Liwei; ZHAO, H.; ZHAO, C.; LIU, A. Image Recognition Algorithm based on artificial intelligence. **Neural computing & applications**, 2022, Vol. 34 no.9, p.6661-6672

CHOLLET, F. **Deep Learning with Python**. Manning, 2018

CLARK, Colin. **The Conditions of Economic Progress**, 3rd ed, London: Macmillian Co. 1957

DEMING, W. E. **Out of the Crisis**. Cambridge, MA: MIT Press, 1986.

DORFMAN, Jeffrey H.; FOSTER, Kenneth A. Estimating productivity changes with flexible coefficients. **Western Journal of Agricultural Economics**, pp. 280-290, 1991.

DOSOVITSKIY, A.; BEYER, L.; KOLESNIKOV, A.; WEISSENBORN, D.; ZHAI, X.; UNTERTHINER, T.; DEHGHANI, M.; MINDERER, M.; HEIGOLD, G.; GELLY, S.; USZKOREIT, J.; & HOULSBY, N. An Image is Worth 16x16 Words: Transformers for Image Recognition at Scale (Version 2). **arXiv Computer Science**: 2021. 11929v2

DUNN, R. L. Productivity Measurement for The Service Industries. **The Conference Board Record**, Vol. 5 no.10, pp. 30-34. 1958.

FARRELI, M. J. The Measurement of Productive Efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**. Series A (General), Vol. 120 no.3, pp. 253-290. 1957.

FATTAH, Almad; RIDWAN, Taufik; SULISTIYOWATI, Nina. Dimensional Data Design fo Event Feedback Data Warehouse, **Journal Informatika dan Sains – JISA**. Vol. 06, no. 01. 2023

FITZSIMMONS, James A.; FITZSIMMONS, Mona **Administração de serviços [recurso eletrônico]: operações, estratégia e tecnologia da informação**. Porto Alegre: AMGH Editora LTDA, 6° ed. 2014. tradução: AMGH Editora Ltda; revisão técnica: Gustavo Severo de Borba.

FOREWORD. Assessing regional integration in Africa X, pp. 9-11. **World Trade Organization**. Apr. 2022

FOREWORD. Harnessing Service Trade for Sustainable Growth, pp. 6-7, **World Trade Organization**. Jul. 2023

GAGNÉ, Denis; RINGUETTE, Simon. **BPMN Quick Guide**. Object Management Group, Trisotech, Business Incubator, 2024. <https://www.bpmn.org/> Acessado em 06 nov. 2024.

GERHARDT, T; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. Coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS – Porto Alegre – Editora da UFRGS. 2009

GITLOW, H. S.; OPPENHEIM, A. L.; QUESENBERRY, C. A. e OPPENHEIM, R. L. **Tools and Techniques for Performance Improvement**. McGraw-Hill Education, 6th ed. 2014.

GOODFELLOW, I.; BENGIO, Y.; COURVILLE, A. *Deep Learning*. **MIT Press**, 2016.

GUNALAN, Satyavathy; DEVIBALA, A; KARTHICK R., Arun. Futuristic Trends in Computing Technologies and Data Sciences. **IIP Series**. Vol 3, Book 8, Part 3 Chapter 2: Databases and data warehouses, pp. 197-224. 2024

GUPTA, A. K. Growth and Challenges in Service Sector: Literature Review, Classification and Directions for Future Research". **International Journal of Management & Business Studies**. Vol. 2, no 2. Apr – Jun. 2012.

HADA, Bhupendra Singh.; SURI, Ashish. The Service Sector as India's Road to Economic Growth: An analysis. **Journal of Commerce and Management Thought**, Vol. 10 no.1, pp. 319. 2019.

HASTIE, T., TIBSHIRANI, R., e FRIEDMAN, J. **The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction**. Second Edition. Springer Series in Statistics, 2009.

HESKETT, J. L., JONES, T. O., LOVEMAN, G. W., SASSER, W. E., e SCHLESINGER, L. A. Putting the Service-Profit Chain to Work. **Harvard Business Review**, Financial Analysis. March-April, 1994

HOFMEISTER, Johannes; KANBACH, Dominik K.; HOGREVE, Jens. Service Productivity: A Systematic Review of a Dispersed Research Area. **Management Review Quarterly**, Vol. 74, no. 3, pp. 1249–1281, 2023.

HOGREVE, J.; ISEKE, A., K. The Service-Profit Chain: Reflections, Revisions, and Reimaginings. **Journal of Service Research**, Vol. 25 no.3, pp. 460-477. 2022.

JOVOVIĆ, M., & CVETKOVIĆ, K. Perspectives of international trade in services. *Ekonomski signali: poslovni magazin*, 17(1), 67-84. 2022

JURAN, J. M. **Juran's Quality Handbook** (6th ed.). McGraw-Hill Education, 2010

KUSWATI, Yeti, The Effect of Motivation on Employee Performance. **Budapest International Research and Critics Institute-Journal**, Vol. 3, no 2, pp. 995-1002. 2020.

LE MASNE, Pierre; DUPUY, Romuald; ROMAN, Philippe. From the accounts of philosophie rurale to the physiocratic tableau: François Quesnay as a precursor of national accounting. **Journal of The History of Economic Thought**, (2020).

LEE, Jong-Wha; MCKIBBIN, Warwick J. Service Sector Productivity and Economic Growth in Asia. **Social Science Research Network Eletronic Journal**, 2014.

LILEI, Ding, *Design of a Universal Image Classification and Recognition System Based on Tensorflow* Journal of Engineering System, STEMM Institute Press Vol. 2 No. 1, ISSN: 2959-0604. 2024

LU, Y., HECHING, A., e OLIVARES, M. Productivity analysis in services using timing studies. **International Journal of Operations & Production Management**, Vol. 43, no. 5, pp. 1123-1142, 2023

LUCAS, Robert E. Jr. The origins of the productivity concept. **American Economic Review**, Vol. 80 no.1, pp. 25-52, 1990

MARTINEZ-PLUMED, F., CONTRERAS-OCHANDO, L., FERRI, C., HERNANDEZ-ORALLO, J., KULL, M., LACHICHE, N., RAMIREZ-QUINTANA, M.J. and FLACH, P. CRISP-DM Twenty Years Later: From Data Mining Processes to Data Science Trajectories, **IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering**, Vol. 33 no. 8, pp. 3048–3061. 2021.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to Statistical Quality Control**. Wiley 7th ed. 2013.

MOINUDDIN, M., USMAN, M., KHAN, R., Strategic Insights in a Data-Driven Era: Maximizing Business Potential with Analytics and AI. **Revista Española de Documentación Científica**, vol.18, no.2, 2024.

OBJECT MANAGEMENT GROUP. **Business Process Model and Notation (BPMN)** version 2.0. Needham, MA: OMG, 2011. Disponível em: <https://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/> Acesso em: 06 nov. 2024.

OMPRAKASH, Dewangan; PRIYABRATA, Sarkar. Machine Learning & Deep Learning Applications. **Futuristic Trends in Information Technology**. IIP Proceedings, Vol. 2, Book 20. Pp. 69-76. 2023.

OWUSU, Solomon; SZIRMAI, Adam; FOSTER-MCGREGOR, Neil. The Rise of the Service Sector in The Global Economy. **New Perspectives on Structural Change**, pp. 270–297, 2021.

PEPITONE, James S. **Human Performance Consulting: Transforming Human Potential into Productive Business Performance**. New York: John Wiley & Sons, 1989.

QUESNAY, François. **Tableau Oeconomique**. London: MacMillan and CO. and New York, 1894. *First Printed in 1758 reproduced in Facsimile for The British Economic Association*.

QUESNAY, François. **Tableau Économique**. Paris: Editions Garnier-Flammarion, 1965.

RAINER, R. K.; PRINCE, B., SANCHEZ-RODRIGUEZ, C.; SPLETTSTOESSER-HOGETERP, I., & EBRAHIMI, S. **Introduction to information systems**. John Wiley & Sons, 2020.

RAHIMAN, Habeeb Ur; HODIKAL, Rashmi; SURESH, Sucharitha. **Game on: Can gamification enhance productivity?** F1000 Research, vol. 12, p. 818, 2023

ROTHWELL, William J.; HOHNE, Carolyn, K.; KING, Stephen, B. **Human Performance Improvement, Building Practitioner Performance**, 3rd Edition. Routledge, 2018.

RUKHADZE, Sergo. Planning in the Management System, **Ekonomika**, Vol. 105, no. 11-12: pp. 97-105, 2022.

SAMUELSON, P. A.; NORDHAUS, W. D. **Economics**. 19^o Ed. New York, NY. McGraw-Hill, p. 272. 2010.

SALTZ, J.S. CRISP-DM for data science: Strengths, weaknesses and potential next steps, **IEEE International Conference on Big Data** (Big Data), Orlando, FL, Vol. 3, pp. 2337-2344. 2021.

SALA, R.; PIROLA, F.; PEZZOTTA, G.; CAVALIERI, S. Data-Driven Decision Making in Maintenance Service Delivery Process: A Case Study. **Applied Sciences**, Vol 12, no. 15 p. 7395. 2022.

SCHMENNER, Roger W. International Factory Productivity Gains. **Journal of Operations Management**, Vol. 10, no. 2, pp. 229-254, 1991.

SCHUMPETER, Joseph A. History of Economic Analysis. **Oxford University Press**, p. 198. 1954

SHAH, R., e WARD, P. T. The Role of Time in Performance Improvement: An Exploration of Time-Based Competition in Services. **Journal of Operations Management**, 2003.

SHAHINFAR, Saleh; MEEK, Paul; FALZON, Greg. "How many images do I need?" Understanding how sample size per class affects deep learning model performance metrics for balanced designs in autonomous wildlife monitoring. *Ecological Informatics*, Vol 57, ELSEVIER, 2020.

SLACK, N. e CHAMBERS, E. **Operations management**. 9th ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2021.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SOHAIL, A.; ZIA, S.; KHAN, A.Q.; BHATTI, M.S.; AKRAM, M.U "From Enhanced ER to Multidimensional Model: A Methodology for Data Warehouse Design." **Advances in intelligent systems and computing**, Vol 1438, pp 477-485. 2023.

SOHEL, Rana. Exploring the Advancements and Ramifications of Artificial Intelligence. **Journal of Artificial Intelligence General Science (JAIGS)**, Vol. 2 no. 1, pp. 30-35. 2024.

SZULKIN, Ryszard. Making People Work: **Control and Incentives in Swedish Organizations**. Sage Publications, Ltd. Vol.42, no. 2, pp.103-122. 1999.

TABAK, M. A.; NOROUZZADEH, M. S.; WOLFSON, D. W.; SWEENEY, S. J.; VERCAUTEREN, K. C.; SNOW, N. P.; HALSETH, J.M.; DI SALVO, P. A.; LEWIS, J. S.; WHITE, M. D.; TETON, B.; BEASLEY, J. C.; SCHLICHTING, P. E.; BOUGHTON, R.K.; WIGHT, B.; NEWKIRK, E. S.; IVAN, J. S.; ODELL, E. A.; BROOK, R. K.; LUKACS, P. M.; MOELLER, A. K.; MANDEVILLE, E. G.; CLUNE, J.; e MILLER, R. S. Machine Learning to Classify Animal Species in Camera Trap Images: Applications in Ecology. *Methods in Ecology and Evolution*, Vol.10 no.4, pp. 585-590. **British Ecological Society**. 2019.

UDO, Kannengiesser e GERO J, S. **Modelling the Design of Models: An Example Using CRISP-DM**. *Proceedings of the Design Society*, Vol. 3, pp. 2705-2714. 2023.

WELKER, C. B. Peculiarities of services - a critical reflection. **IU Discussion Papers - Business & Management**. 2020

WYCKOFF, D. A. Productivity Analysis in Services Using Timing Studies. **International Journal of Operations & Production Management**, Vol. 7, no.6, pp. 5-19, 1987.

ZELINSKA, O.; POTAPOVA, N. e YEMELIANOVA, A. O. Information system for maintaining the register of clients of the bank. **Visnik Hmel'nic'kogo Nacional'nogo Universtitetu**, 217(1), 94–99., 2023

ZHOU, Zhi-Hua. **Machine Learning**. Springer Nature Singapore Pte Ltda. 2021

ZHANG, Zhiliang; ZHAO, Limei; YANG, Tao. Research on the Application of Artificial Intelligence in Image Recognition Technology, **Journal of Physics: Conference Series**, Vol. 1992, no. 3, p 032118. 2021.

ZHANG, C. e CHANG, R. Research on Image Recognition and Classification Algorithms Based on Artificial Intelligence. **IEEE 2nd International Conference on Control, Electronics and Computer Technology (ICCECT)**, pp. 1381–1385, 2024

APÊNDICES

APÊNDICE A – Amostra de doze meses de serviços de ISPs

A tabela mostra o número de serviços de empresas de prestação de serviços de acesso à Internet – ISPs, por equipe, encerrados ao longo dos 12 meses de 2021.

A amostra reúne equipes de sete unidades de um ISP de pequeno porte operando em cidades com de 50.000 a 150.000 habitantes, no centro oeste do Brasil. As características relevantes da amostra são a baixa influência do deslocamento na quantidade de serviços finalizados e a diversidade do estilo gerencial aplicado a cada operação, uma vez que se tratam de sete coordenações diferentes.

A cesta de serviços apresentados foi composta por:

- a. Instalação
- b. Visita técnica
- c. Mudança de endereço
- d. Remanejamento de ponto principal
- e. Retirada de serviço

A média de 105 serviços mensais tomada da amostra representa de forma sistemática a observada em campo.

Tabela A.1 – Serviços entregues por equipes de 7 ISPs ao longo de 2021

Mês	tec107	tec15	tec16	tec26	tec28	tec31	tec40	tec41	tec56	tec60	tec63	tec77	tec88	tec97	tec99	Total Geral
JAN	17	127	108	105	101	109			161	103	145	145	149	144	115	1.952
FEV	56	118	107	102	78	97			164	127	113	123	113	117	118	2.126
MAR	91	122	138	100	123	132			201	200	157	160	166	152	184	2.404
ABR	98	125	121		123	125	1		191	172	79	144	128	155	144	2.218
MAI	166	99	93		93	92	93	97	166	181	105	138	111	138	130	2.336
JUN	103	113	3		30	99	101	111	159	124	101	124	100	103	115	1.976
JUL	106	88	96		85	100	30	90	146	128	67	107	126	100	102	1.980
AGO	106	30	135		77	122	124	5		96	101	99	118	50	107	1.748
SET	144	87	77		59	35	97	103		50	98	84	64	63	83	1.732
OUT	145	27	92		16	8	87	83		24	30	34	73	103	86	1.701
NOV	136		94			81	92	98					52	84	99	1.565
DEZ	102		95			84	117	107					92	84	94	1.494
Média	106	94	97	102	79	90	82	87	170	121	100	116	108	108	115	105
Total Geral	1.270	936	1.159	307	785	1.084	742	694	1.188	1.205	996	1.158	1.292	1.293	1.377	

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

APENDICE B – Pesquisa qualitativa de avaliação do modelo

Data Hora da Resposta	1. Em que área profissional você atua?	2. Conhecendo o modelo proposto, responda: Na sua opinião, serviços de campo apresentam oportunidades de melhoria de produtividade? Sim, Não, Justifique.	3. Na sua opinião, a proposta de contabilizar o tempo despendido em cada atividade do processo de atendimento, seria gerencialmente útil? Sim, Não, Justifique.	4. Na sua opinião, a proposta de se utilizar um aplicativo de celular com um checklist de atividades do processo a ser executado, para capturar imagens relacionadas e já classificá-las, seria aplicável? Sim ou Não, Justifique. Sim, Não, Justifique.	5. Na sua opinião, o uso de câmeras corporais e um sistema que permitisse acompanhar o desempenho dos trabalhos da equipe de campo poderiam apoiar decisões de melhoria dos processos de atendimento? Sim, Não, Justifique.	6. Na sua opinião, você considera possível a implementação do sistema proposto no modelo numa empresa operacional? Sim, Não, Justifique.
14/02/2025 18:19	Gestão de Telecomunicações	Sim, o tempo dos técnicos realmente alocado aos trabalhos técnico não corresponde a 20% da jornada	Sim, para cobrar mais eficiência/ Produtividade	Talvez. O fato de manipular o celular e as ferramentas ao mesmo tempo vai ser confuso. Em cima do poste, tirar o celular do bolso tem risco de queda, etc	Sim, com câmeras funciona muito melhor! Só tem que ver a questão quando entrar na casa dos clientes	Sim, considero
14/02/2025 18:30	Gestão de empresa de Tecnologia	Sim, mas principalmente melhoria de qualidade	Sim, mas principalmente o cumprimento de padrões de serviço	Sim, mas apenas a captura, sendo que a aplicação poderia ser feita no backend e não no celular	Não, acho que a quebra de privacidade dos clientes e do próprio técnico não justifica os ganhos	Sim, inclusive temos isto já implementado e tentando vender
17/02/2025 17:42	Gestão de Telecomunicações	SIM! Não há dúvida que os serviços de campo são uma área vasta para melhoria na produtividade. É preciso compreender que, em telecomunicações, normalmente as operações de campo significativas em volumes, estão concentradas nas grandes operadoras, que por sua vez terceirizam grande parte dos serviços de campo com as empreiteiras de planta externa e interna. Sendo assim a oportunidade é dupla, ou seja, a operadora tem suas próprias ferramentas para medir e principalmente ESTIMAR a produtividade em cada tipo de serviço, horário, cidade, bairro e perfil; e a prestadora deve fazer o mesmo para CUMPRIR esta estimativa sempre justa. O grande desafio do contratado é enquadrar-se e remunerar-se dentro destas análises, conseguindo obter lucratividade e arcar com os encargos altíssimos do setor. Os custos de uma operação de planta externa, como esta que voce exemplificou, tem sua maior vertical na folha de pagamento e este percentual é de 62% a 68% em média, retirando-se os pesados encargos fiscais do setor, se não atuarmos com produtividade alta, as margens de lucro (que já são baixas e vivem de escala) não se sustentam. Por conta desse resumo, entendo existirem muitas frentes de trabalho compatíveis e receptivas a ferramentas de gestão.	Sim! Encontrar gargalos de tempo de produção é sempre uma meta obstinada. Mas, tal controle não pode onerar a operação (nem em custo e nem em tempo de registro). Esse é o grande desafio para conciliar os bons sistemas com a produção.	Sim, em partes, normalmente quem vai realizar uma instalação, invariavelmente tem que registrar imagens e envia-las para algum destinatário. Este processo já existe. Acrescentar-se mais um pode onerar o campo em tempo de procedimento e aumentar o tempo médio de atendimento.	Não! Ainda não! Acho que o setor ainda não está preparado para este custo (as margens provavelmente não permitirão) e as ações trabalhista oriundas desse procedimento ainda não estão claramente analisadas. As possibilidades de passivos trabalhistas ainda não foram claramente estressadas a respeito desse tema.	Perfeitamente possível! Podendo sempre analisar-se o viés do uso dos sistemas por contratantes e contratadas da cadeia produtiva de telecomunicações. Todos tem necessidades de controlar custos e aumentar a produtividade (o velho mantra de toda análise financeira de operações em grande escala) e portanto a facilidade de modularizar a implementação do sistema e sua escalabilidade fariam toda diferença
17/02/2025 19:45	Gestão de Telecomunicações	Sim, serviços de campo apresentam oportunidades de melhoria de produtividade. Melhora a : Tecnologia e Automação Gestão de Recursos Treinamento e Capacitação Análise de Dados Manutenção Preventiva e uma Comunicação Eficiente	Sim, a proposta de contabilizar o tempo despendido em cada atividade do processo de atendimento seria gerencialmente útil. Portanto, contabilizar o tempo despendido em cada atividade é uma prática gerencialmente útil, pois proporciona insights valiosos para aumentar a eficiência, reduzir custos e melhorar a qualidade do serviço oferecido.	Sim, a proposta de utilizar um aplicativo de celular com um checklist de atividades do processo, capaz de capturar imagens e classificá-las, seria aplicável. Justificativa: 1. Padronização e Organização. Um checklist digital garante que todas as etapas do processo sejam seguidas de forma padronizada, reduzindo erros e omissões. A classificação automática das imagens facilita a organização e o acesso rápido às informações. 2. Eficiência Operacional. O uso de um aplicativo agiliza a execução das atividades, pois o profissional pode registrar as informações e capturar imagens diretamente no local, sem necessidade de preenchimento manual de formulários ou relatórios posteriores. 3. Transparência e Confiabilidade. As imagens capturadas e classificadas fornecem evidências concretas do trabalho realizado, aumentando a transparência e a confiabilidade do processo. Isso é especialmente útil em auditorias ou verificações de qualidade. 4. Integração com Sistemas de Gestão. Um aplicativo pode ser integrado a sistemas de gestão empresarial (ERP, CRM, etc.), permitindo que os dados coletados em campo sejam automaticamente sincronizados e analisados em tempo real. A proposta é aplicável e traz benefícios significativos em termos de eficiência, organização e qualidade do trabalho realizado em campo.	Sim, o uso de câmeras corporais e um sistema de acompanhamento do desempenho da equipe de campo poderia apoiar decisões de melhoria dos processos de atendimento. Justificativa 1. Visibilidade em Tempo Real. As câmeras corporais permitem que a gestão tenha uma visão em tempo real das atividades realizadas pela equipe de campo, facilitando a identificação de práticas eficientes e áreas que necessitam de ajustes. 2. Coleta de Dados Objetivos: As gravações e o monitoramento fornecem dados concretos sobre o desempenho da equipe, como tempo gasto em cada tarefa, conformidade com procedimentos e interações com clientes. Esses dados são essenciais para análises precisas e tomadas de decisão embasadas. 3. Identificação de Gargalos. Ao acompanhar o trabalho da equipe, é possível detectar gargalos ou ineficiências nos processos, permitindo intervenções direcionadas para otimizar o fluxo de trabalho. 4. Segurança e Conformidade: As câmeras corporais podem garantir que os procedimentos de segurança e conformidade sejam seguidos, reduzindo riscos e evitando multas ou penalidades. 5. Transparência e Accountability. O uso de câmeras e sistemas de acompanhamento promove transparência e responsabilização (accountability) entre os colaboradores, incentivando maior comprometimento e adesão aos processos estabelecidos. 6. Redução de Conflitos. As gravações podem servir como evidência em caso de disputas ou reclamações, ajudando a resolver conflitos de forma rápida e justa. A implementação de câmeras corporais e sistemas de acompanhamento é uma ferramenta valiosa para apoiar a melhoria contínua dos processos de atendimento, aumentando a eficiência, a qualidade e a satisfação do cliente.	A implementação do sistema proposto é viável e pode trazer benefícios significativos para uma empresa operacional, desde que seja planejada de forma estratégica, com envolvimento da equipe e suporte adequado.
18/02/2025 00:23	Gestão de Telecomunicações	Sim, na apresentação feita deixa bem claro o passo a passo.	Sim, mas teria alguns sistema para armazenar as informações e gerar um relatório final de cada atendimento por técnico.	Sim, quanto o celular positivo em relação ao check list, já teria uma perda de tempo no atendimento no próprio celular já deveria ter o passo a passo de atendimento.	Sim, câmera corporal minimizaria muitas reclamações entre clientes e técnico.	Sim, ficou bem claro a rotina de trabalho, mas cabe algumas adequação deve ser considerado um tempo de atendimento. Caso o técnico ultrapasse o prazo atendimento o supervisor ou a central receba uma notificação. Com isso ficaria mas fácil corrigir as dificuldade encontrada em campo ou até mesmo comparar o atendimento com outro técnicos.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)



UNIFEI

