

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

PAULA FERREIRA PASSOS

**OTIMIZAÇÃO DA DESIGNAÇÃO DE TAREFAS NO NÚCLEO DE PROJETOS DE
UMA CONCESSIONÁRIA DE ENERGIA ELÉTRICA**

CAXIAS DO SUL

2021

PAULA FERREIRA PASSOS

**OTIMIZAÇÃO DA DESIGNAÇÃO DE TAREFAS NO NÚCLEO DE PROJETOS DE
UMA CONCESSIONÁRIA DE ENERGIA ELÉTRICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Universidade de Caxias do Sul, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador Prof. Dr. Gabriel Vidor

CAXIAS DO SUL

2021

PAULA FERREIRA PASSOS

**OTIMIZAÇÃO DA DESIGNAÇÃO DE TAREFAS NO NÚCLEO DE PROJETOS DE
UMA CONCESSIONÁRIA DE ENERGIA ELÉTRICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Universidade de Caxias do Sul, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovado em 8 / 7 / 2021

Banca Examinadora

Prof. Dr. Gabriel Vidor - orientador
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof. Dr. Mateus Panizzon
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof. Dr. Cíntia Paese Giacomello
Universidade de Caxias do Sul – UCS

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que me deu sempre forças para continuar neste processo de aprendizagem e superar todas as etapas até aqui.

Aos meus pais Milto Ramos Passos e Aurora Aparecida Ferreira Passos agradeço pelo amor de sempre e apoio nesta caminhada, também ao meu namorado Cássio Jardim Mancilha que junto com a minha família me incentivou com muito carinho e compreensão neste processo, estando presente e me ajudando a perseverar para alcançar este objetivo.

Um agradecimento muito especial a ajuda do meu amigo Douglas Jovenil Castilhos dos Santos que foi o responsável pela realização da programação do algoritmo de otimização deste trabalho na linguagem *Python*, certamente seu conhecimento e atenção foram essenciais para a conclusão deste trabalho.

Agradeço também ao meu professor orientador Gabriel Vidor que sempre foi muito atencioso e compreensivo prestando muita ajuda através de sua experiência e conhecimento.

RESUMO

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um método para designação de tarefas em projetos em uma empresa do setor elétrico. Este trabalho foi organizado em seis etapas: entender o processo atual de divisão no setor, montar banco de dados históricos, identificar padrões e tempos das atividades, definir as restrições para o modelo, montar o modelo de otimização e, por fim gerar cenários para tomada de decisão. Para otimização do processo de divisão foi utilizado programação de redes neurais do tipo *perceptron* multicamadas. Como resultado deste modelo foi possível verificar que a rede neural é eficiente na divisão das notas considerando as regras implementadas de férias ou ainda a questão de considerar a prioridade de recebimento das notas conforme a carga de trabalho já existente na demanda de cada técnico bem como os vencimentos das notas. Após toda a estrutura montada e realizado o treinamento das redes neurais a mesma se mostrou eficiente na divisão das notas direcionadas aos técnicos de nível 1. Estes técnicos representam a maior parte dos projetistas do núcleo e o algoritmo da forma como foi treinado já possibilitaria uma grande vantagem na agilidade da divisão destas notas de forma organizada. Entretanto a otimização por redes neurais não foi eficiente para os técnicos de nível 2 e 3 devido principalmente a quantidade de amostras disponíveis destes técnicos a rede não conseguiu aprender tão bem o padrão de divisão e correlacionar as entradas e saídas para estes casos. Como estudos futuros recomenda-se aprofundar a pesquisa em relação aos tempos das atividades. Outros estudos recomendados seriam outras formas de otimização através de algum modelo que não seja a programação por redes neurais, que não se torne necessário um grande volume de exemplos e sim se utilize mais de regras de negócio, possivelmente sem a necessidade de intervenção de inteligência artificial, mas sim em um primeiro momento algo mais simples que possibilite depois de um longo prazo deixar os dados estáveis para se realizar um treinamento de alguma programação mais complexa.

Palavras-chave: Otimização. Redes Neurais. Projetos. Tarefas. Concessionária de Energia.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de método do caminho crítico	18
Figura 2 - Processo de programação do plano mestre da produção	20
Figura 3 - Componentes do neurônio biológico	22
Figura 4 - Modelo não linear de um neurônio artificial	23
Figura 5 - Rede acíclica com uma única camada de neurônios.....	25
Figura 6 - Rede acíclica com uma camada oculta e uma camada de saída	26
Figura 7 - Rede recorrente sem laços de auto realimentação e neurônios ocultos	26
Figura 8 - Rede recorrente com neurônios ocultos.....	27
Figura 9 - Aprendizado supervisionado	28
Figura 10 - Grafo arquitetural de um MLP com duas camadas ocultas	30
Figura 11 - Nota Z1 sistema SAP.....	36
Figura 12 - Controle das notas Planilha MS Excel	37
Figura 13 - Divisão das notas Planilha MS Excel.....	37
Figura 14 - Etapas do trabalho	39
Figura 15 - Recorte do banco de dados	45
Figura 16 - Trecho do programa regras de férias	46
Figura 17 - Trecho do programa regras e cálculo de prioridade de divisão	46
Figura 18 - Resultado geral de precisão programa <i>Python</i>	47
Figura 19 - Matriz de confusão	48
Figura 20 - Densidade de amostras	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Vantagens e Desvantagens das RNA	31
Quadro 2 - Etapas para criação de cenários e suas características	33

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
1.1	JUSTIFICATIVA	11
1.2	OBJETIVOS	12
1.2.1	Objetivo geral.....	13
1.2.2	Objetivos específicos	13
1.3	ABORDAGEM E DELIMITAÇÃO DO TRABALHO	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	GESTÃO DAS TAREFAS EM PROJETOS	16
2.2	GESTÃO DA CAPACIDADE E DEMANDA EM PROJETOS	18
2.3	PESQUISA OPERACIONAL PARA TOMADA DE DECISÃO	20
2.3.1	REDES NEURAIS	21
2.3.1.1	Neurônio Biológico	22
2.3.1.2	Neurônio Artificial.....	23
2.3.1.3	Arquiteturas de Redes Neurais	24
2.3.1.4	Aprendizagem.....	27
2.3.1.5	<i>Perceptron</i> de multicamadas	29
2.3.1.6	Vantagens e Desvantagens da Rede Neural.....	30
2.4	MODELAGEM DE CENÁRIOS PARA TOMADA DE DECISÃO	32
3	PROPOSTA DE TRABALHO	35
3.1	CENÁRIO ATUAL	35
3.2	PROPOSTA DE TRABALHO	38
3.2.1	Etapa 1: Entender processo atual de divisão	39
3.2.2	Etapa 2: Montar banco de dados	39
3.2.3	Etapa 3: Identificar padrões e tempos das atividades	40
3.2.4	Etapa 4: Definir as restrições para o modelo	40
3.2.5	Etapa 5: Montar modelo de otimização	41
3.2.6	Etapa 6: Gerar cenários	41
4	RESULTADOS	43
4.1	DESENVOLVIMENTO DO MODELO	43
4.2	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	47

4.3	IMPLICAÇÕES GERENCIAIS	49
5	CONCLUSÃO	50
	REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

Conforme CEMIG (2014), rede de distribuição de energia é o conjunto de estruturas, utilidades, condutores e equipamentos elétricos, aéreos ou subterrâneos, utilizados para a distribuição da energia elétrica, operando em baixa, média ou alta tensão de distribuição. Nas concessionárias de energia para que possa ser realizada a manutenção da rede elétrica são necessárias diversas etapas para a execução da obra de fato. Dentre estas etapas estão a análise dos circuitos, verificando as necessidades de obra, o levantamento em campo da real situação e após isso o projeto elétrico da rede de distribuição. Projetos elétricos de rede de distribuição são esquemas detalhados do traçado da rede elétrica na via pública bem como, postes, equipamentos como transformadores, chaves, religadores entre outros. Estes projetos são desenvolvidos por profissionais legalmente habilitados e com o conhecimento técnico necessário para tal atividade.

Na empresa a atribuição de tarefas (notas de serviço em projetos) deve considerar diversos fatores de peso e condições de tamanho de projeto antes de serem demandadas aos projetistas. Estas notas podem variar em tipo de obra, tamanho além dos seus respectivos prazos de finalização a serem respeitados. De acordo com Schorr *et al.* (2015) designação de tarefas tem como principal objetivo aumentar a eficiência do serviço, minimizando o tempo, perdas e custo. O autor ainda comenta que esta alocação de tarefas pode ser realizada através da ferramenta Solver do Ms Excel, ou ainda pelo *software* Lingo. Além deste método de programação linear também existe a aplicação do algoritmo húngaro quando se tem um grande número de restrições, sendo um método eficiente segundo o autor. A designação de tarefas pode ser realizada através de mais de uma abordagem, estão entre elas as abordagens tradicionais, ágeis ou híbridas.

Um dos métodos tradicionais de designação de tarefas utilizados em diversas empresas é o *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) / *Critical Path Method* (CPM) técnica que permite analisar tempo, custos e recursos. Conforme Godinho Filho; Campanini; Vita (2004) para o sistema de planejamento e controle da produção CPM é necessário a metodologia de inicialmente determinar as precedências entre as diversas atividades de projeto, e a partir disso tendo-se os tempos das atividades calcular os tempos mais cedo e mais tarde que uma atividade pode começar e terminar. Desta forma é possível determinar o caminho crítico do projeto sabendo quais as atividades não devem atrasar para não comprometer a data final do projeto. O sistema CPM além de ser capaz de gerenciar os caminhos críticos, também gerencia a alocação de recursos, custos, entre outras funções de projeto.

Existe também o hibridismo na gestão da divisão de tarefas, que se utiliza da combinação de técnicas tradicionais com técnicas ágeis de gerenciamento de projetos. Silva; Amaral (2014) explicam o hibridismo e comentam que ao realizar uma busca sobre o método é possível encontrar oportunidades e vantagens combinando as abordagens ao invés de escolher apenas uma, sendo assim algumas empresas adotam essa forma de gerenciamento de demanda, combinando o tradicional e o ágil.

Atualmente a divisão da demanda no setor de projetos é feita através de planilhas eletrônicas, que apesar de possuírem algumas macros com o sistema SAP, ainda é feita de maneira muito manual. São necessários diversos relatórios nos quais são usados como parâmetro para peso de divisão a quantidade de postes por projeto. Apesar de a empresa ter um controle bom das notas via sistema SAP, o sistema de divisão das notas é muito trabalhoso. Fatores como, quais projetistas já possuem muitas notas na demanda, fator de prazo, e etc, são visualizados e realizados pelo planejador, sem o apoio de algo automatizado para isso. Além disso ainda existe a questão da demanda ser provinda de duas fontes principais: pedidos de atendimento ao cliente e projetos do plano de manutenção da empresa que já são blindados de um mês para outro. Os pedidos de clientes variam de acordo com cada situação e o tamanho do projeto se torna uma fator surpresa, acaba aparecendo apenas depois do levantamento em campo, gerando apenas uma semana de intervalo para o prazo final do projeto.

Tem-se como tema deste trabalho a criação de um sistema de gestão de tarefas da demanda em projetos. Esse sistema será baseado na otimização do processo explicado anteriormente. Será necessário o estudo e análise do processo atual e então realizar a implantação de um novo modelo onde constará uma gestão de demanda otimizada, que tenha parâmetros de divisão de carga de trabalho aos projetistas adequada, atendendo aos critérios necessários. Serão avaliados quais são esses parâmetros necessários, sendo assim podendo ser criadas restrições ao modelo que será criado, o tornando adequado e eficiente. Será possível considerar não só o peso em postes mas também o prazo das notas, o tipo de projeto, quanto o projetista já recebeu de demanda na semana e o quanto ainda possui na caixa de projetos para realizar, dentre outros fatores que serão avaliados e otimizados.

Este trabalho está dividido em cinco capítulos. No primeiro capítulo é apresentada a contextualização do tema, na sequência a justificativa do estudo, os objetivos e as delimitações do trabalho. O segundo capítulo apresenta a fundamentação teórica, com a revisão bibliográfica que aborda a temática gestão de projetos e ferramentas para designação de tarefas. No capítulo 3 está detalhada a metodologia do trabalho. Sendo assim, a descrição detalhada do caso é apresentada, bem como, as etapas de aplicação do estudo e os resultados esperados.

No quarto capítulo são analisados os dados obtidos com a aplicação do método proposto. Serão apresentadas análises comparativas dos resultados quanto aos indicadores de perdas. No quinto e último capítulo tem-se as conclusões obtidas a partir do trabalho desenvolvido, elucidando as suas delimitações e futuras concepções de trabalho.

1.1 JUSTIFICATIVA

Ao realizar o gerenciamento de divisão de tarefas é importante saber qual é o caminho crítico em projetos. Conforme Vargas (2009 apud NAZARETH; MELLO; CHAKOUR, 2015) o caminho crítico consiste na rota mais longa desde o início até o final do projeto e qualquer atraso no caminho crítico atrasa o projeto como um todo, e já as modificações no tempo das atividades não críticas não têm efeito sobre a data de entrega do projeto. É o caminho com a menor folga de tempo possível e determina a duração do projeto, considerando todas as datas e folgas existentes no período. Em suma, o caminho crítico é formado por todas as atividades que não podem atrasar de forma alguma. Se estas atividades atrasarem irão comprometer a data da entrega final do projeto, e estes fatores devem ser observados anteriormente a divisão das tarefas. Analisando isso dentro da realidade do setor de projetos da RGE, pode se observar como alguns pontos críticos: o tamanho do projeto, o tempo que levou para retornar de levantamento em campo entre outros fatores.

Ao realizar designação de tarefas podem ser utilizados métodos tradicionais ou ainda métodos ágeis de gerenciamento de projetos. Para definir qual o melhor método a se utilizar depende muito da realidade da empresa. Empresas que recebem a demanda tanto por encomenda, atendimento ao cliente - *Make to order* (MTO) quanto para estoque - *Make to Stock* (MTS), necessitam de métodos ágeis de gerenciamento de projetos. É o caso da demanda de projetos da RGE, existe a necessidade de projetos tanto para pedidos de clientes quanto para notas planejadas do plano de manutenção da concessionária. E estes projetos precisam todos ser feitos paralelamente dentro da carga de trabalho dos projetistas disponíveis para realizar esta demanda. Entretanto apesar da necessidade, atualmente a empresa ainda não dispõe de um método ágil para realizar a designação de tarefas.

Existe um sistema de planejamento e controle da produção chamado *Workload Control* (WLC), conforme Feliciano (2017) este sistema é voltado especialmente para empresas sob encomenda (MTO), em que se tem uma grande variedade de produto. O WLC oferece às empresas MTO benefícios das técnicas do *lean manufacturing* (manufatura enxuta), as quais possibilitam o nivelamento da demanda e produção ao longo do tempo (THÜRER 2014 apud

FELICIANO 2017). Esse sistema auxilia em controlar as filas de espera respeitando as datas combinadas com base nos recursos disponíveis, sendo que esse controle é realizado de acordo com os tempos de atravessamento, comparando a data de entrada e saída dos pedidos. Na prática, a implantação de um método semelhante a esse, mas aplicado a realidade do setor de projetos seria eficiente e ajudaria a melhoria da divisão principalmente da demanda regulada de projetos que é proveniente de pedidos de clientes, tendo umas suas características particulares de obra.

Atualmente dentro do setor de projetos a divisão da demanda ainda é muito manual, depende muito da designação das tarefas analisando cada fator individualmente pelo planejador de projetos. Realizar esta análise para divisão ocupa tempo, além de ser bem trabalhosa. Todos os dias é necessário realizar diversos relatórios verificando a demanda entrante, verificando o tamanho dos projetos necessários a serem elaborados, considerando sempre o seu prazo, quais projetistas estão disponíveis para realizar a atividade além de outros fatores peculiares. Esta análise pode ser dependendo do tipo da nota simples, mas se a situação atual de notas de serviço na fila por fazer for crítica, ou ainda, se deparar com a situação de poucos projetistas disponíveis, isso pode se tornar algo complexo. Apesar de já se possuir um controle bom destas notas, atualmente todo esse controle é feito através de planilhas MS Excel.

Algumas destas planilhas já possuem botões para macros que realizam interfaces com o sistema SAP facilitando alguns relatórios e processos, mas ainda é necessário aprimorar. Muitas etapas seguem sendo realizadas de maneira manual, intuitiva. Devido a isso a automatização desse processo irá resolver muitos problemas além de facilitar a divisão. Após ter esse modelo definido, com as restrições necessárias como tempo para elaboração do projeto, complexidade conforme o tipo de obra a ser projetada, quantidade de postes previstos no projeto, quantidade de notas de serviço e o peso que já existe na demanda de cada projetista aguardando por ser feito, além é claro de considerar a demanda que já foi direcionada ao projetista e realizada por ele no dia / semana. São vários os fatores que precisam ser analisados dentro da realidade de projetos da concessionária, e para isso deverá ser realizada uma análise de quais fatores implicam para realizar uma divisão eficiente da demanda no núcleo.

1.2 OBJETIVOS

Na sequência vem apresentados os objetivos geral e específicos do estudo.

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo do trabalho é desenvolver um método para designação de tarefas em projetos em uma empresa do setor elétrico.

1.2.2 Objetivos específicos

Do objetivo geral derivam-se os específicos como sendo:

- a) entender o atual processo de designação de tarefas em projetos;
- b) identificar padrões de atividades e customizações necessárias a cada tipo de projeto desenvolvido;
- c) associar quais pessoas podem executar cada tarefa no desenvolvimento dos projetos;
- d) determinar os tempos médios de execução de cada tarefa nos projetos;
- e) verificar a eficiência dos arranjos de equipes em um estudo de caso real.

1.3 ABORDAGEM E DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

O método de pesquisa utilizado será o quantitativo, e ainda será realizada a modelagem e otimização do processo de divisão de tarefas em projetos. O ato de mensurar as variáveis de pesquisa é a principal característica do método quantitativo. De acordo com Bryman (1989 apud CAUCHICK-MIGUEL 2018) as principais preocupações da abordagem quantitativa são: mensurabilidade, causalidade, generalização e replicação. Cauchick-Miguel (2018) ainda explica que um conjunto de variáveis passível de ser mensurado deve ser bem definido, com a finalidade de testar as hipóteses deduzidas da teoria. Esse processo é extremamente importante e é chamado de operacionalização.

Como consequência disso é possível que as variáveis sejam medidas de forma a providenciar os dados para realizar o teste das hipóteses. Isso pode ser feito utilizando um modelo de pesquisa operacional. Conforme o autor, inicialmente do sistema real com grande número de variáveis, é abstraído um modelo conceitual, descrevendo as variáveis que definem o comportamento do sistema. A partir deste modelo conceitual é possível abstrair um modelo matemático analítico (através de funções matemáticas) ou ainda em um modelo experimental de simulação (por meio de relações lógicas) para representar de forma satisfatória o sistema. Como etapas deste processo de modelagem é então necessário a definição do problema,

construção de um modelo, solução do modelo, validação do modelo e finalmente a implementação da solução.

O trabalho aqui proposto está estruturado em cinco etapas. A primeira etapa é entender o atual processo de designação de tarefas em projetos, isso será feito avaliando quais as principais dificuldades enfrentadas no planejamento da demanda de projetos atualmente dentro do setor. Analisando estas dificuldades será possível identificar os problemas e assim propor a melhoria.

Para isso será necessário em uma segunda etapa identificar padrões de atividades e customizações necessárias a cada tipo de projeto desenvolvido. Cada tipo de projeto requer um tempo maior ou menor para realização dependendo de sua complexidade. Dentro da realidade atual de demanda, existe particularidades em cada projeto. Cada obra é realizada em locais distintos, que possuem realidades diferentes desde ser em área urbana ou rural por exemplo, até o fato da complexidade da obra em si, como quantidade de postes ou ainda equipamentos a serem projetados.

Considerando estas variedades de projetos, para isso será necessário em uma terceira etapa associar quais pessoas podem executar cada tarefa no desenvolvimento dos projetos. O núcleo de projetos do Departamento Regional de Obras Metropolitana (DROM), dispõe de 24 projetistas. Sendo que destes projetistas alguns deles são de nível I, II ou III. Atualmente já são divididos em subgrupos conforme a dificuldade dos projetos. Sendo que os projetos de dificuldade maior normalmente são direcionados aos técnicos com mais experiência. Analisar quais projetistas são mais aptos a realizar cada tarefa é de fundamental importância pra o processo.

A próxima etapa é determinar os tempos médios de execução de cada tarefa. Esta é uma análise difícil, pois não é possível medir o tempo exato que cada projetista executa seus projetos atualmente. Além disso cada projetista tem sua forma de pensar e projetar, alguns mais detalhistas outros menos e para isso, mensurar o tempo exato para realizar cada projeto é uma missão árdua. Entretanto é possível quantificar a produção por dia e ter uma base de quantos projetos de cada tipo o técnico consegue realizar por dia em média.

A quinta e última etapa deste trabalho será justamente verificar a eficiência dos arranjos de equipes em um estudo de caso real. Simulando e analisando os dados da realidade do dia a dia do setor de projetos, como a produção dessas equipes e assim possibilitar uma melhor maneira de distribuir estas tarefas aos técnicos.

O escopo deste trabalho terá como base os dados históricos de projetos realizados na concessionária nos últimos meses/ anos. É possível extrair todas as informações necessárias de

produtividade de projetos, quantas Unidade Serviço (US) foram geradas através de cada tipo de projeto e, após o orçamento realizar a comparação do planejado x executado. Atualmente este é um grande problema, conseguir planejar de forma adequada a atender os projetos de obras de pedidos de clientes e também conseguir conciliar os projetos de obras do plano de manutenção de rede da empresa. Já é monitorado atualmente via relatório SAP tudo o que é feito. Atualmente os relatórios de produtividade são eficientes e mostram os dados de forma adequada, portanto é possível ter essa referência do que foi realizado e comparar qual a média de US produzida em cada tipo de projeto por obra por exemplo.

Existem mais de um tipo de obra que são executados na rede elétrica. Tratam-se desde obras de ligação nova ao cliente, deslocamento de poste, trocas de poste em mau estado, melhoria da rede elétrica, etc., e cada projeto tem suas particularidades e nível de complexidade. O tempo de realização de um projeto onde se instala uma rede nova e poste novo por exemplo, não é o mesmo tempo que realizar um projeto mais complexo onde é necessário realizar melhorias na rede existente, instalar equipamentos de proteção na rede, alterações de cadastros na base de dados da concessionária dentre outros fatores. Justamente pensando nisso é que será necessário se utilizar destes dados históricos, possibilitando desta maneira obter qual o tempo estimado em cada projeto, qual o peso que pode ser considerado em média de US por tipo de obra na divisão da demanda e assim por diante.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo estão apresentados os conceitos que formam a base teórica para a resolução deste trabalho. Na sequência estará explicado de forma mais detalhada a gestão de tarefas em projetos, gestão da capacidade de demanda, além de abordar conceitos sobre tomada de decisão tanto através da pesquisa operacional como também esclarecer sobre a modelagem de cenários para tomada de decisão.

2.1 GESTÃO DAS TAREFAS EM PROJETOS

De acordo com Schorr *et al.* (2015) designação de tarefas tem como principal objetivo aumentar a eficiência do serviço, minimizando o tempo, perdas e custo. Projetos são necessários para conseguir atender uma demanda de mercado, necessidades e oportunidades da organização, solicitação de clientes e avanço tecnológicos (CARNEIRO, 2014). No caso do núcleo de projetos a designação de qual projeto deve ir para qual projetista é uma questão importante ao se prever, em questão de quantidades e prazos. O gerenciamento destas atividades é de fundamental importância, através disso é possível alocar as tarefas de forma eficiente.

De acordo com PMI (2017) o gerenciamento de projetos eficaz ajuda indivíduos, grupos e organizações a:

- a) cumprirem os objetivos do negócio;
- b) satisfazerem as expectativas das partes interessadas;
- c) serem mais previsíveis;
- d) aumentarem suas chances de sucesso;
- e) entregarem os produtos certos no momento certo;
- f) resolverem problemas e questões;
- g) responderem a riscos em tempo hábil;
- h) otimizarem o uso dos recursos organizacionais;
- i) identificarem, recuperarem ou eliminarem projetos com problemas;
- j) gerenciarem restrições (por exemplo, escopo, qualidade, cronograma, custos, recursos);
- k) equilibrarem a influência de restrições do projeto (por exemplo, o aumento de escopo pode aumentar custos ou o prazo); e
- l) gerenciarem melhor as mudanças.

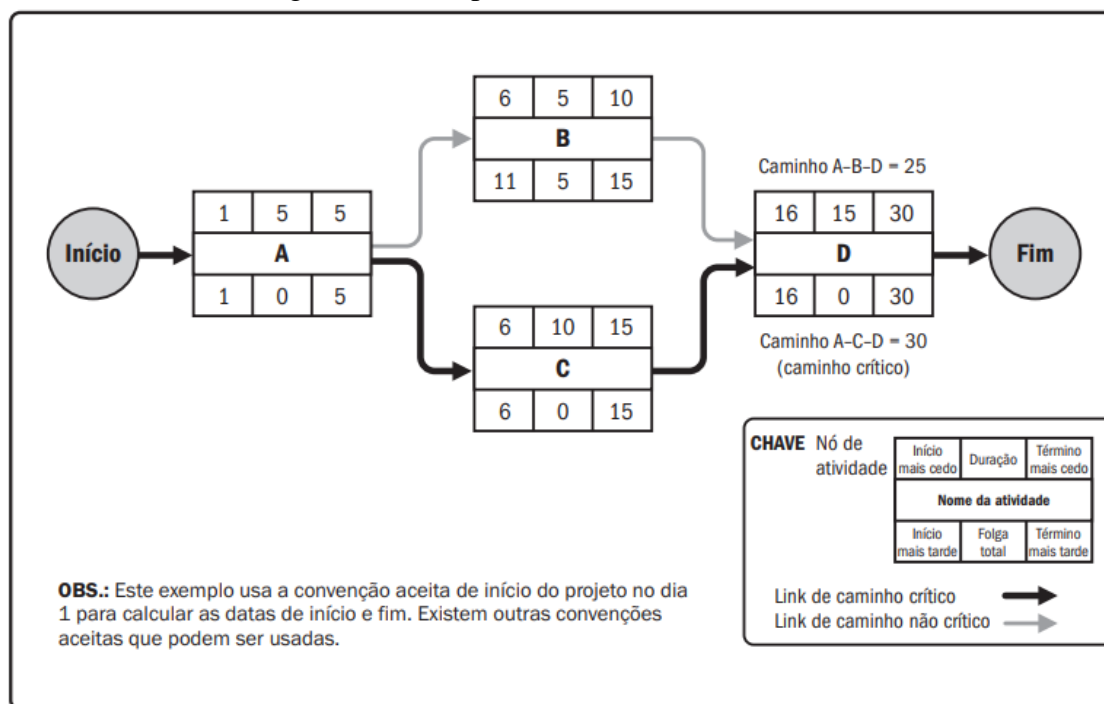
A fim de realizar o gerenciamento de projetos de forma adequada, é necessário ter uma noção de qual tempo é necessário para elaboração dos projetos, além de ter a noção de quanto tempo cada projetista consegue realizar a atividade considerando suas habilidades técnicas e o tempo disponível para elaboração. Para isso é necessário realizar uma análise dos tempos e atividades desenvolvidas em cada tipo de projeto, para posteriormente realizar a designação dessas tarefas da melhor forma possível.

Para prever o nível de flexibilidade em sequências lógicas dentro de um cronograma e deduzir a menor duração possível de projeto, existe o método do caminho crítico. Utilizando a estratégia de avaliação de rede do cronograma pode se estimar por exemplo as datas de início mais cedo, término mais cedo, início mais tarde, término mais tarde das atividades sem levar em conta as restrições de recursos, isso pode ser feito por entre a rede do cronograma, analisando os caminhos de ida e de volta. Os resultados destas datas nem sempre são obrigatoriamente o cronograma do projeto, porém são de fato a sugestão dos períodos de tempo o qual é possível a atividade ser executada, utilizando parâmetros do cronograma para o período de duração de atividades, relações lógicas, esperas, antecipações, dentre outras restrições necessárias (PMI, 2017).

O Guia PMBOK ainda explica que o caminho crítico é a série de atividades que mostra o caminho mais longo de um projeto, e estima a menor duração possível deste. A folga total ou flexibilidade do cronograma é determinada através do período de tempo que uma atividade em qualquer caminho de rede pode ser estendida ou atrasada a partir da sua data de início mais cedo sem violar a data do término do projeto ou descumprir alguma restrição do cronograma. Sempre que realizados através do método do diagrama de precedência, existe a possibilidade dos caminhos críticos possuírem folga total positiva, negativa ou igual a zero, de acordo com as restrições aplicadas. A análise de folga negativa auxilia a encontrar formas mais rápidas de arrumar um cronograma que está em atraso de volta nos trilhos. No momento em que se possui a folga total e a folga livre determinadas, a folga livre é o tempo que uma atividade pode ser atrasada sem postergar a data de início mais cedo de qualquer outra atividade que venha depois, ou infringir uma restrição do cronograma (PMI, 2017).

O caminho mais longo tem a menor folga total, normalmente zero. Na Figura 1 abaixo, o Guia PMBOK mostra um exemplo onde caminho mais longo inclui as atividades A, C e D e, portanto, a sequência de A-C-D é o caminho crítico. A folga livre para a Atividade B é de cinco dias.

Figura 1 - Exemplo de método do caminho crítico



Fonte: PMI (2017)

A otimização de recursos é utilizada com a função de ajustar as datas de início e término das atividades para que a utilização dos recursos planejados seja igual ou menor do que a disponibilidade de recursos. Pode-se citar como exemplo de técnicas de otimização de recursos: nivelamento de recursos, estabilização de recursos, entre outras (PMI, 2017).

2.2 GESTÃO DA CAPACIDADE E DEMANDA EM PROJETOS

Antes de qualquer decisão na gestão da capacidade é primordial compreender a natureza da demanda. Saber qual a variação média da demanda, o padrão histórico de oscilação, a maioria dos mercados é influenciada por algum tipo de sazonalidade. A demanda pode ser mais baixa em determinados meses do ano do que em outros, ou ainda entrarem mais pedidos em determinados dias da semana do que em outros, tudo isso influencia no resultado final. Ter essa gestão da capacidade e demanda no setor de projetos também é importante.

O planejamento e controle da produção está envolvido diretamente com as atividades que tem a função de possibilitar à operação produzir continuamente, colocando em equilíbrio a demanda provinda de clientes com a capacidade de entrega da empresa, conciliando assim demanda e suprimento (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2018). Os autores ainda explicam que para operações que por natureza não podem produzir os serviços antes que a demanda aconteça, o planejamento e controle da capacidade deve se utilizar de previsões de

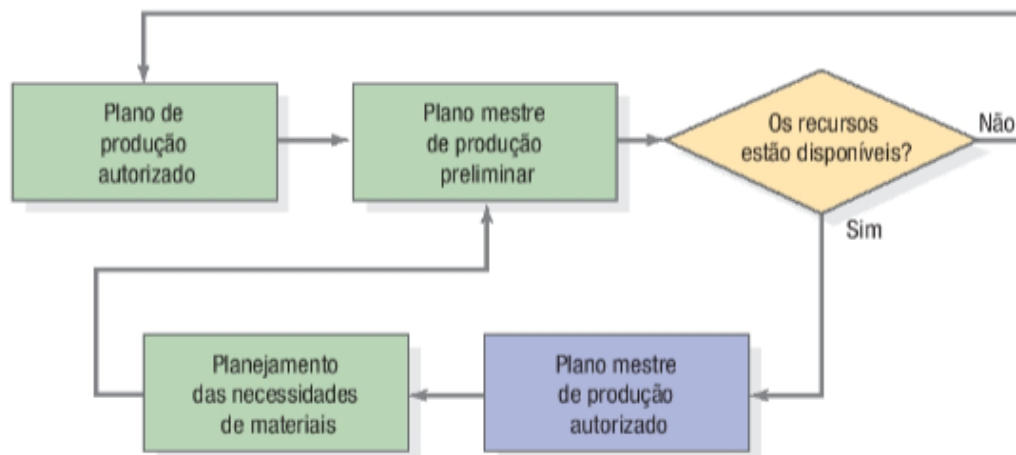
demanda, se utilizando de padrões de comportamento históricos. Uma vantagem das previsões probabilísticas é possibilitar melhor dimensionar o setor, sabendo se será necessário aumento de pessoal para trabalhar, necessidade de horas extras, ou ainda algum plano de redução de custos.

O plano mestre de produção (MPS – *Master Production Schedule*) detalha quantos itens serão produzidos em períodos específicos, esses períodos podem ser estabelecidos em horas, dias, semanas ou meses (KRAJEWSKI; MALHOTRA. RITZMAN, 2017). Os autores ainda citam três aspectos sobre o plano mestre:

- a) as somas das quantidades no MPS devem ser iguais às do plano de vendas e operações. A coerência entre os planos é sugerida devido a análise econômica feita para chegar ao plano de operações;
- b) as quantidades de produção devem ser alocadas de modo eficaz ao decorrer do tempo. A linha específica de produtos é baseada na demanda histórica e nos aspectos de mercado e promoções. O planejador deve selecionar tamanhos de lote para cada tipo de produto, levando sempre em conta os fatores econômicos, como os custos de preparação da produção além de custos de estoque por exemplo;
- c) limitações de capacidade e gargalos, como capacidade de máquina ou mão de obra, espaço de armazenamento ou capital de giro, podem determinar o *timing* e as quantidades do MPS. O planejador deve verificar essas limitações reconhecendo que determinados modelos de produtos podem requerer mais recursos que outros e deve ser estabelecido de forma adequada o *timing* e a magnitude das quantidades de produção.

Para Krajewski; Malhotra e Ritzman (2017) no processo de desenvolvimento de um MPS são incluídas duas etapas principais. Calcular o estoque disponível e projetado, que é uma estimativa da quantidade disponível a cada semana. Posteriormente é preciso determinar o *timing* e o tamanho das quantidades de produção no MPS, o objetivo é manter um saldo de estoque disponível projetado não negativo. Sempre que forem detectadas insuficiências de estoque, as quantidades no MPS deverão ser programadas para cobri-las. Mais abaixo na figura 2 está a demonstração da programação do plano mestre de produção. Quando o plano mestre de produção é baseado tanto em previsões de demanda quanto em realmente pedidos recebidos, ele pode divergir dos planos de vendas e operações quando verificado em diferentes períodos em um mês. É importante que esses planos estejam compatíveis pois um especifica a produção real e o outro determina os recursos necessários a essa produção.

Figura 2 - Processo de programação do plano mestre da produção



Fonte: Krajewski; Malhotra. Ritzman (2017)

O plano mestre de produção pode ser aplicado no setor de projetos, da mesma forma do que em um setor de produção no chão de fábrica, se for considerado cada projeto como um produto específico. Em um setor de projetos de uma concessionária de energia por exemplo, cada projeto é específico de cada obra. Ou seja, cada projeto é único, e cada pedido se caracteriza a necessidade de produção de um novo projeto por solicitação de cliente. Para isso é importante saber a capacidade de produção do setor, sendo ela dimensionada em tempo necessário para finalização por determinado tipo de projeto de obra, por exemplo. Os tempos de produção e capacidade de projetistas são de fundamental importância para o planejamento estar coerente e mais adequado com a realidade.

2.3 PESQUISA OPERACIONAL PARA TOMADA DE DECISÃO

A pesquisa operacional, e particularmente a programação matemática tratam sobre problemas de decisão e utilizam modelos matemáticos que buscam representar o problema real. Variáveis são definidas, e entre elas são estabelecidas relações matemáticas para descrever o comportamento de sistemas. Após a definição dessas variáveis o modelo matemático é resolvido e assim pode ser validado o modelo, verificando se as soluções obtidas são compatíveis com a realidade (ARENALES *et al.*, 2015).

Conforme Arenales *et al.* (2015) problemas de mix de produção se apresentam em muitas situações reais no dia a dia quando existe a necessidade de fabricação de diversos produtos. Devido a isso é necessário decidir quais produtos e quanto desses produtos será fabricado em determinado período. Tendo em vista que a empresa possui uma capacidade limitada de produção (máquinas, recursos humanos, capital, entre outros) é desejável

determinar quanto e quais produtos fabricar para que a empresa possa produzir e vender de modo a maximizar o lucro. Considerando a importância dessa decisão do que fabricar e quanto fabricar, será introduzida a designação de tarefas dentro desse *mix* de produção. Em um setor de projetos pode-se dimensionar as tarefas com este mesmo princípio, considerando quais são os projetos de obras que devem ser produzidos e quantos desses projetos precisam ser realizados. Problemas de programação de projetos envolvem além das restrições do modelo matemático, as relações de precedência e ainda limitação de recursos por exemplo. Para isso entraremos no assunto da designação de tarefas por meio de otimização, dentro da pesquisa operacional.

O objetivo principal no desenvolvimento de algoritmos é o projeto de modelos de algoritmos para solucionar problemas complexos. A inteligência computacional é um ramo da inteligência artificial composta de algoritmos inteligentes, dentre esses sistemas estão a computação evolucionária, redes neurais, inteligência de enxames (*swarm*), sistemas imunes artificiais e sistemas nebulosos. A seguir será abordado de forma mais aprofundada a explicação das redes neurais artificiais uma excelente ferramenta para solução de problemas complexos.

2.3.1 REDES NEURAIAS

Uma rede neural de forma geral é projetada para modelar a forma como o cérebro efetua uma tarefa particular ou função de interesse, normalmente essa rede é implementada através de componentes eletrônicos ou simulação através de programação computacional. A rede neural é um processador maciçamente paralelamente distribuído formado de simples unidades de processamento, que naturalmente conseguem armazenar conhecimento experimental e torná-lo disponível para uso. Ela se assemelha ao cérebro em principais dois aspectos: A rede adquire o conhecimento a partir de seu ambiente através de um processo de aprendizagem e as forças de conexão entre neurônios chamadas de pesos sinápticos, são utilizadas para armazenar esse conhecimento adquirido (HAYKIN, 2001).

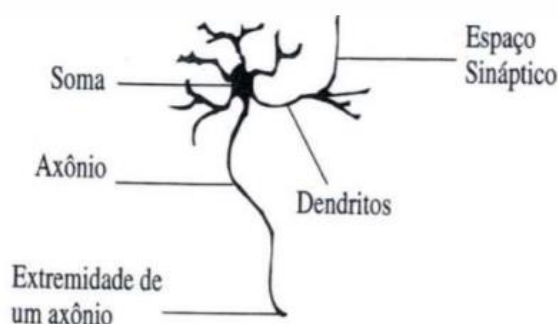
Para Braga *et al.* (2007) as Redes Neurais Artificiais (RNAs) criam a possibilidade de um desempenho superior aos modelos convencionais de solução de problemas. Inicialmente se passa por uma fase de aprendizagem onde a rede conhece um conjunto de exemplos o qual ela extrai automaticamente características necessárias para representar a informação recebida, posteriormente se torna possível gerar respostas para o problema através dessas características conhecidas. Os autores ainda explicam que essa capacidade de generalizar a informação aprendida através de um conjunto reduzido de exemplos, e gerar respostas coerentes mesmo

para dados não conhecidos demonstra que as RNAs possuem uma capacidade que vai muito além de mapear relações de entrada e saída. Associada a outra característica que é a auto-organização e de processamento temporal essa ferramenta computacional se torna atrativa e muito poderosa na solução de problemas complexos.

2.3.1.1 Neurônio Biológico

Os neurônios são formados por três componentes principais: o corpo da célula, os dendritos e o axônio. Cada um com sua função, porém os três se complementam. Os dendritos têm a função de receber os impulsos nervosos, as informações que são vindas de outros neurônios e levadas até o corpo celular. Essa informação é processada e assim novos impulsos gerados. Todos estes impulsos são conduzidos a outros neurônios e passam através do axônio até os dendritos dos neurônios seguintes. A conexão entre a terminação axônica de um neurônio e o dendrito do outro é denominado como sinapse. Através da sinapse os nodos se juntam funcionalmente formando assim as redes neurais. As sinapses funcionam como válvulas capazes de controlar o fluxo da informação entre os nodos da rede neural. Esses efeitos das sinapses são variáveis dando ao neurônio capacidade de adaptação (BRAGA *et al.*, 2007). Abaixo na Figura 3 pode-se observar esses componentes do neurônio biológico de uma forma simplificada.

Figura 3 - Componentes do neurônio biológico



Fonte: Braga *et al.* (2007)

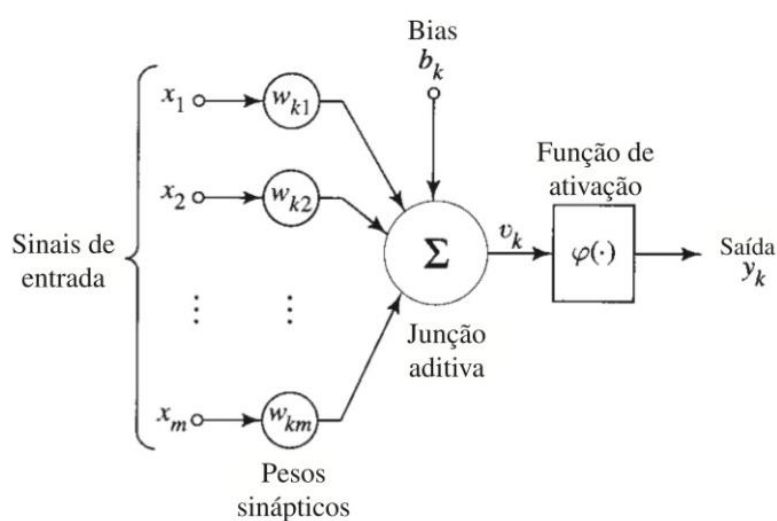
Braga *et al.* (2007) ainda explicam que os sinais provindos dos neurônios pré-sinápticos são conduzidos até o corpo do neurônio pós-sináptico, onde são comparados com outros sinais recebidos pelo mesmo. Em um curto intervalo de tempo se o percentual é suficientemente alto a célula dispara, produzindo um impulso que é propagado para as células seguintes que são os nodos pós-sinápticos. Este simples sistema é responsável pela maior parte

das funções realizadas pelo cérebro. A capacidade de realizar funções complexas surge devido a operação em paralelo de todos os 10^{11} nodos que o cérebro humano possui.

2.3.1.2 Neurônio Artificial

De acordo com Haykin (2001) um neurônio é uma unidade de processamento de informação fundamental para a operação de uma rede neural artificial. A Figura 4 mostra o modelo de um neurônio que forma a base para o projeto de RNA.

Figura 4 - Modelo não linear de um neurônio artificial



Fonte: Haykin (2001)

O autor ainda explica que existem três elementos básicos do modelo neuronal conforme ilustrados anteriormente:

- conjunto de sinapses ou elos de conexão, cada qual caracterizado por um peso ou força própria. Um sinal x_j na entrada da sinapse j conectada ao neurônio k é multiplicado pelo peso sináptico w_{kj} . Para a escrita do índice do peso sináptico w_{kj} o primeiro índice se refere ao neurônio em questão e o segundo índice ao terminal de entrada da sinapse ao qual o peso se refere. O peso sináptico de um neurônio artificial pode estar em um intervalo que valores tanto negativos quanto positivos.
- somador para somar os sinais de entrada ponderados pelas respectivas sinapses do neurônio. Assim é constituído um combinador linear através das operações aqui descritas.
- função de ativação para restringir a amplitude da saída de um neurônio. A função de ativação também se refere como função restritiva devido limitar o intervalo

permissível de amplitude do sinal de saída de um valor finito. O intervalo normalizado da amplitude de saída é escrito como intervalo unitário fechado $[0,1]$ ou alternativamente $[-1,1]$.

O modelo neuronal da Figura 4 também apresentou um “bias” aplicado externamente representado por b_k . O bias tem o efeito de aumentar ou diminuir a entrada líquida da função de ativação dependendo se ele é positivo ou negativo.

2.3.1.3 Arquiteturas de Redes Neurais

Braga *et al.* (2007) abordam que a definição da arquitetura de uma RNA é importante parâmetro visto que restringe o tipo de problema que poderá ser solucionado e tratado pela rede. Fazem parte da definição da arquitetura os seguintes parâmetros: número de camadas da rede, número de nodos em cada camada, tipo de conexão entre os nodos e topologia da rede.

Quanto ao número de camadas pode-se ter:

- a) redes de camada única: só existe um nó entre qualquer entrada e qualquer saída da rede;
- b) redes de múltiplas camadas: existe mais de um neurônio entre alguma entrada e alguma saída da rede.

Tipos de conexões, os nodos podem ter conexões do tipo:

- a) *feedforward* ou acíclica: a saída de um neurônio na i -ésima camada da rede não pode ser usada como entrada de nodos em camadas de índice menor ou igual a i .
- b) *feedback* ou cíclica: a saída de algum neurônio na i -ésima camada da rede é usada como entrada de nodos em camadas de índice menor ou igual a i .

As RNAs podem ainda ser classificadas quanto a sua conectividade:

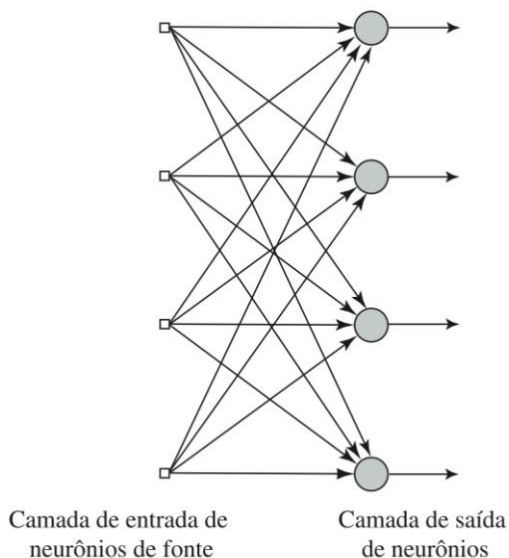
- a) rede fracamente ou parcialmente conectada
- b) rede completamente conectada.

Haykin (2001) explica que a maneira pela qual os neurônios de uma rede neural estão estruturados está intimamente relacionada com o algoritmo de aprendizagem usado para treinar a rede. Pode se assim dessa forma ser dito que os algoritmos (regras) de aprendizagem utilizados no projeto de RNA como sendo estruturados. Pode ser identificado em geral três classes de arquiteturas de redes. Além das já citadas anteriormente de camada única e múltiplas camadas também existem as redes recorrentes, estarão melhor explicadas e apresentadas na sequência.

Na forma mais simples de uma rede em camadas há uma camada de entrada de nós da fonte que se projeta sobre uma camada de saída de neurônios (nós computacionais) mas não ao

contrário. Ou seja, esta rede é exclusivamente do tipo alimentada adiante ou acíclica. Na Figura 5 está ilustrada para o caso de quatro nós tanto na camada de entrada como na de saída, chamada de rede de camada única, que se refere a camada de saída de nós computacionais. Não é contada a camada de entrada de nós de fonte pois lá não é realizada qualquer computação (HAYKIN, 2001).

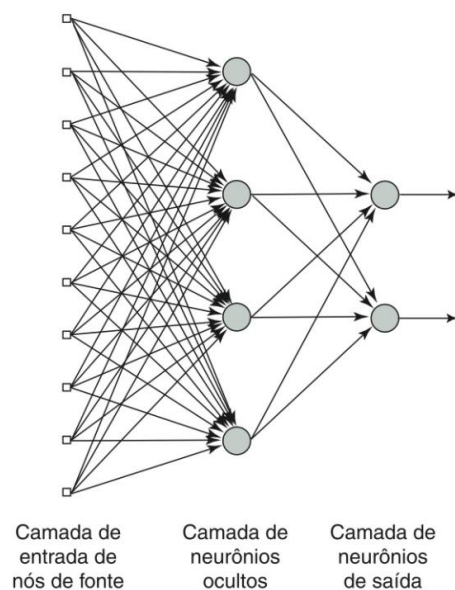
Figura 5 - Rede acíclica com uma única camada de neurônios



Fonte: Haykin (2001)

O autor Haykin (2001) ainda explica sobre as redes alimentadas diretamente com múltiplas camadas. Essa segunda classe de RNA se distingue por ter a presença de uma ou mais camadas ocultas cujos nós computacionais são chamados correspondentes de neurônios ocultos ou unidades ocultas, que tem por função intervir entre a entrada externa e saída da rede de forma útil. Quando são adicionadas uma ou mais camadas consequentemente a rede se torna capaz de extrair estatísticas de ordem elevada. Devido a esse conjunto extra de conexões sinápticas e da dimensão extra de interações neurais a rede consegue uma perspectiva global apesar da sua conectividade local. Principalmente quando a camada de entrada é grande essa habilidade dos neurônios ocultos de extrair estatísticas de ordem elevada é ainda mais valiosa. Segue abaixo na Figura 6 a ilustração de um exemplo.

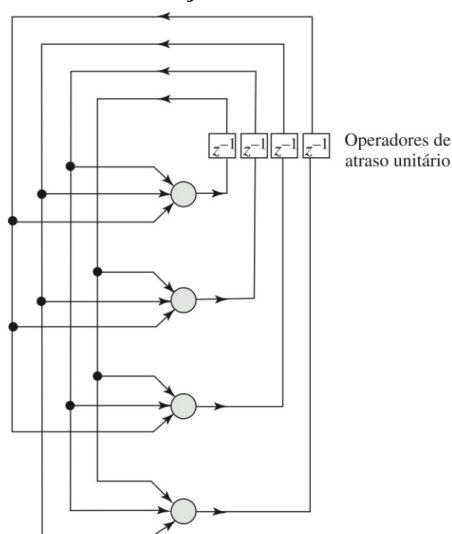
Figura 6 - Rede acíclica com uma camada oculta e uma camada de saída



Fonte: Haykin (2001)

Uma terceira classe de RNA é a rede neural recorrente que se distingue das anteriores por ter pelo menos um laço de realimentação. Haykin (2001) exemplifica essas redes conforme apresentado abaixo, uma rede recorrente pode consistir de uma única camada de neurônios cada qual alimentando seu sinal de saída de volta para as entradas de todos os outros neurônios. A seguir na Figura 7 a ilustração mostra uma rede que não tem neurônios ocultos e também onde não há laços de auto realimentação, auto realimentação se refere a uma situação a qual a saída de um neurônio é realimentada para sua própria entrada.

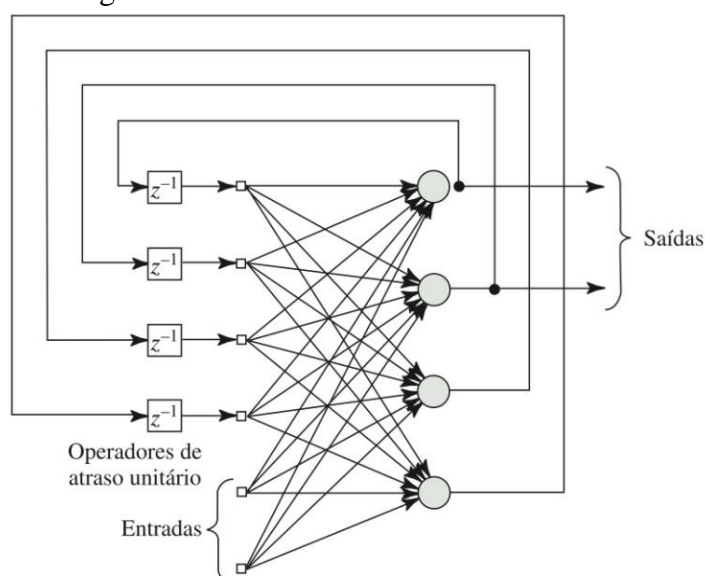
Figura 7 - Rede recorrente sem laços de auto realimentação e neurônios ocultos



Fonte: Haykin (2001)

O autor cita outro exemplo de RNA recorrente, porém este com neurônios ocultos conforme ilustrado na Figura 8. As conexões de entrada neste exemplo têm origem tanto dos neurônios ocultos como dos neurônios de saída. Em ambas estruturas recorrentes das figuras 7 e 8 a existência dos laços de realimentação possuem um impacto profundo na capacidade de aprendizagem da rede no seu desempenho. Os laços de realimentação se utilizam do uso de ramos particulares formados de elementos de atraso unitário (representado por z^{-1}), resultando em um comportamento dinâmico não-linear admitindo assim que a rede neural contenha unidades não-lineares.

Figura 8 - Rede recorrente com neurônios ocultos



Fonte: Haykin (2001)

2.3.1.4 Aprendizagem

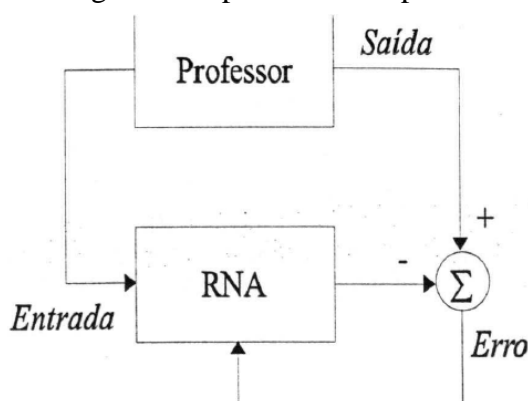
Através de exemplos as RNA possuem a capacidade de fazer interpolações e extrapolações do que aprenderam. Um conjunto de procedimentos bem-definidos para adaptar os parâmetros de uma rede neural para que ela possa aprender determinada função é chamado algoritmo de aprendizado. Existe mais de um tipo de algoritmo de aprendizado, cada qual com suas vantagens e desvantagens se diferenciam pela forma que o ajuste dos pesos é feito. Na solução de um problema ou tarefa a utilização da RNA deve passar por uma fase de aprendizagem que é o momento em que a rede extrai informações relevantes de padrões de informação apresentados a ela, criando dessa forma uma representação para o problema. A aprendizagem é um processo iterativo de ajuste de parâmetros da rede, de pesos da conexão

entre as unidades de processamento, que ao final do processo armazenam o conhecimento que a rede adquiriu do ambiente no qual está operando (BRAGA *et al.*, 2007).

Mais de um método de treinamento foi desenvolvido, estes podem ser agrupados em dois principais tipos: aprendizado não-supervisionado e aprendizado supervisionado. O aprendizado não supervisionado não precisa de um professor, a estrutura pode adquirir uma variedade e formas diferentes. Neste trabalho terá como foco a explicação do aprendizado supervisionado que está na sequência com mais detalhes.

O método de aprendizado supervisionado é o mais comum no treinamento das RNAs, é chamado desta forma devido ao fato de tanto a entrada como a saída desejadas da rede serem fornecidas por um supervisor (professor) externo. Tendo como objetivo ajustar os parâmetros da rede, sendo possível encontrar uma ligação entre pares de entrada e saída recebidos. O professor aponta claramente um comportamento bom ou ruim para a rede com o intuito de direcionar o processo de treinamento. A rede tem sua saída calculada comparada com a saída desejada, recebendo informações do supervisor quanto ao erro da resposta atual. A cada novo padrão de entrada recebido à rede é comparado a resposta desejada com a resposta calculada e dessa forma se ajusta os pesos das conexões para minimizar o erro. Essa minimização da diferença é incremental devido que a cada etapa do treinamento pequenos ajustes são realizados para encontrar a melhor solução. A soma dos erros quadráticos de todas as saídas é utilizada como função de custo a ser minimizada pelo algoritmo de treinamento bem como medida de desempenho da rede (BRAGA *et al.*, 2007). A seguir na Figura 9 está ilustrado o mecanismo de aprendizado supervisionado conforme explicado.

Figura 9 - Aprendizado supervisionado



Fonte: Braga *et. al* (2007)

2.3.1.5 *Perceptron* de multicamadas

Redes neurais do tipo *perceptron* multicamadas ou *Multilayer Perceptron* (MLP) são RNAs que apresentam pelo menos uma camada intermediária ou escondida. As redes MLP apresentam um poder computacional muito maior que as redes sem camadas intermediárias, pois conseguem tratar com dados que não são linearmente separáveis. Redes que possuam duas camadas intermediárias podem implementar qualquer função sendo ela linearmente separável ou não. A implementação da função objetivo bem como a precisão são dependentes do número de nodos utilizados nas camadas intermediárias (BRAGA *et al.*, 2007).

Devido à combinação de características bem como através da habilidade de aprender através de treinamento o MLP tem um grande poder computacional. Segundo Haykin (2001) um *perceptron* de múltiplas camadas possui três características distintas:

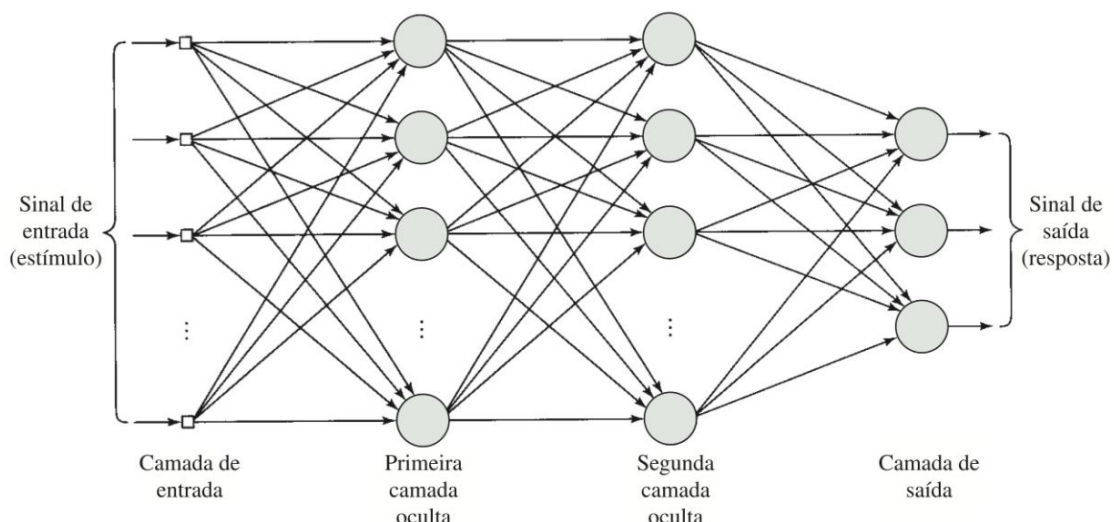
- a) O modelo de cada neurônio da rede cria uma função de ativação não-linear. A presença de não-linearidade é considerada importante devido se fosse ao contrário a relação de entrada-saída poderia ser reduzida a mesma realidade de um *perceptron* de camada única.
- b) A rede possui uma ou mais camadas de neurônios ocultos que não fazem parte da entrada ou saída da rede. É através deles que a rede se torna capaz de aprender tarefas complexas extraíndo sucessivamente as características mais significativas dos padrões de entrada.
- c) A rede exibe um alto grau de conectividade estabelecido pelas sinapses da rede. Para realizar uma alteração na conectividade da rede é necessária uma modificação na população das conexões sinápticas ou de seus pesos.

Quanto a funcionalidade em uma rede multicamadas Braga *et al.* (2007) explica que o processamento realizado por cada nodo é previamente definido pela combinação dos processamentos das camadas anteriores que estão conectados a ele. Quando se passa da primeira camada intermediária em direção a camada de saída a funções implementadas ficam cada vez mais complexas. Através dessas funções é definido como é efetuada a divisão do espaço de decisão.

O autor segue ainda explicando que para uma rede que possua no mínimo duas camadas intermediárias, é possível dizer que processamento da primeira camada intermediária ocorre com cada nodo traçando retas no espaço de padrões de treinamentos; na segunda camada intermediária cada nodo combina as retas traçadas pelo neurônio anterior conectados a ele desta

maneira formando regiões convexas; já na camada de saída cada nodo forma regiões que são combinações das regiões convexas estabelecidas pelos nodos a ele conectados da camada anterior, como mostra a Figura 10.

Figura 10 - Grafo arquitetural de um MLP com duas camadas ocultas



Fonte: Haykin (2001)

Pode se dizer então que as unidades intermediárias de uma rede MLP funcionam como detectores de características, gerando uma codificação interna dos padrões de entrada que são utilizados para a definição da saída da rede (BRAGA *et al.*, 2007).

2.3.1.6 Vantagens e Desvantagens da Rede Neural

A rede neural artificial consegue resolver problemas complexos o que a torna diferenciada e valiosa. Isso devido a sua estrutura e sua habilidade de aprender e, portanto, generalizar. A generalização é devido a RNA produzir as saídas adequadas mesmo para entradas que ainda não estejam presentes durante o treinamento. Haykin (2001) destaca algumas propriedades e capacidades vantajosas: não linearidade, mapeamento de entrada-saída, adaptabilidade, resposta a evidências, informação contextual, tolerância a falhas, implementação em VLSI, uniformidade de análise e projeto e sua analogia neurobiológica.

É notável que as RNAs possuem muitas vantagens, Ambrósio (2002) comenta que além desses benefícios também pode-se encontrar algumas desvantagens na aplicação das redes neurais. As explicações do autor em sua dissertação estão resumidas a seguir no Quadro 1, é notável que existem mais vantagens que desvantagens, mas é importante que sejam observadas estas questões quando da decisão de implementação de tais algoritmos para ter certeza se sua

aplicação será eficiente dependendo da quantidade de dados e informações disponíveis para determinada aplicação.

Quadro 1 - Vantagens e Desvantagens das RNA

REDES NEURAIS ARTIFICIAIS			
VANTAGENS		DESVANTAGENS	
Qualidade superior	as RNAs permitem análises superiores comparadas a outras técnicas estatísticas existentes.	Treinamento demorado	o treinamento de uma rede pode demorar horas ou até dias dependendo da aplicação.
Competitividade	tecnologia relativamente nova faz com que as empresas que se utilizem dela estejam na frente de seus concorrentes.	Resultados desconcertantes	pode ocorrer de a rede chegar a conclusões que considerem dados irrelevantes como básicos dependendo das informações de entrada, em tais situações somente o bom senso do profissional experiente saberá tratar tais casos.
Auto aprendizado	se baseiam através de exemplos históricos fornecidos não necessitando de conhecimentos de especialistas para tomar decisões.	Caixa-preta	não é possível saber qual motivo levou a rede a determinada conclusão devido seus critérios decisórios serem encriptados.
Implementação mais rápida	tempo para implementação muito inferior ao que seria necessário para a construção de um sistema especialista equivalente, além do baixo custo.	Volume grande de dados	para a rede poder aprender corretamente é necessário um volume grande de dados históricos, carência de dados relevantes torna a rede inaplicável.
Imunidade a falhas	a exemplo do que ocorre com o cérebro humano, as unidades de rede operam em paralelo e algum defeito em um de seus nós não deixa a rede inoperante.	Preparação dos dados	dados de má qualidade produzem resultados falhos. Portanto é importante que os dados de entrada tenham um tratamento prévio: devem ser normalizados e cuidadosamente selecionados para que a rede seja ensinada a agir corretamente.
Capacidade de generalização	mesmo que os dados estejam incompletos ou imprecisos a rede pode preencher as lacunas sem sofrer degradação.		
Imunidade a ruídos	dados reais podem conter ruído, porém as redes conseguem separar o ruído da informação relevante.		
Adaptabilidade	depois de construída uma rede eficiente em dada aplicação, a mesma pode ser utilizada em aplicações de tempo real sem necessitar alteração de sua arquitetura a cada atualização, basta apenas treinar novamente com base nos novos dados históricos.		
Democratização	executivos podem se utilizar dessa ferramenta através de arquiteturas e algoritmos gerais que podem ser encapsulados em <i>softwares</i> e <i>hardwares</i> de rede.		

Fonte: Adaptado de Ambrósio (2002).

2.4 MODELAGEM DE CENÁRIOS PARA TOMADA DE DECISÃO

Elaborar cenários não é apenas para prever, mas sim para descrever possíveis situações futuras, levando em consideração o contexto atual e suas perspectivas. Esses cenários são plataformas estratégicas que possibilitam o conhecimento a respeito de decisões chave e prioridades dentro da organização (SILVA; SPERS; WRIGHT, 2012). Sendo assim, pode se resumir cenário como sendo a construção das possibilidades futuras, as quais contribuem para o planejamento da estratégia de modo a enfrentar melhor o futuro.

O paradigma do gerenciamento de projetos fundamentado em cenários estabelece que o gerente de projetos necessita planejar o comportamento do projeto e os cenários que podem afetá-lo de forma separada. Para testar a influência da combinação dos cenários sobre o comportamento do projeto pode se utilizar de simulações. Os cenários estão fortemente ligados com elementos de projeto, ou seja tem conexão com as atividades, desenvolvedores, recursos e artefatos usados em um projeto. O autor ainda classifica os cenários em quatro categorias: eventos potenciais, políticas gerenciais, teorias e estratégias. (BARROS, 2001).

Conforme Barros (2001) os cenários podem ser organizados e armazenados em um banco de conhecimento centralizado na empresa e assim serem reutilizados sempre que necessário, pois através deles é possível já ter informações conhecidas e coerentes dos elementos de projeto. Estes cenários já conhecidos podem auxiliar em diversos momentos o gerente a explorar as incertezas que podem impactar seus projetos, durante o desenvolvimento de uma aplicação, o domínio, as tecnologias a serem aplicadas, os artefatos a serem construídos, etc. Os cenários também podem ser utilizados em atividades de treinamento, por exemplo. A associação de diversas políticas de gerenciamento, eventos e teorias pode ser empregada sobre um modelo de projeto. No treinamento pode ser selecionadas pelos participantes estratégias de gerenciamento, aplicadas sobre um modelo de projeto e ainda ser realizada uma análise do impacto, em curto e longo prazo, sobre o comportamento do projeto.

Para Silva, Spers e Wright (2012), existe mais de um método para o desenvolvimento de cenários, possuindo assim diversos modelos de construção e que trazem grande contribuição para as organizações. No Quadro 2 estão apresentados cinco principais modelos de cenários utilizados para esse estudo, bem como suas etapas e principais características.

Quadro 2 - Etapas para criação de cenários e suas características

METODOS	ETAPAS	CARACTERÍSTICAS
SRI International (Stanford Research Institute)	1. Definição das decisões estratégicas que os cenários deverão abordar; 2. Identificação dos fatores-chave de decisão; 3. Análise das forças ambientais; 4. Desenvolvimento dos cenários lógicos; 5. Descrição dos cenários; 6. Identificação das implicações estratégicas para a tomada de decisão.	- Lógica Intuitiva; - Interatividade; - Workshops
Global Business Network	1. Identificar a questão ou decisão central; 2. Identificação dos fatores-chave do ambiente local; 3. Identificação das forças motrizes do macroambiente; 4. Hierarquização dos fatores-chave por importância e incerteza; 5. Seleção da lógica dos cenários; 6. Redação dos cenários; 7. Análise das implicações; 8. Seleção dos indicadores iniciais e dos sinais de aviso para monitoramento do futuro.	- Aproximação com o modelo SRI (Peter Schwartz, fundador da GBN era consultor da SRI International); - Lógica Intuitiva.
Future Mapping	Uso de workshops, com etapas bem definidas: 1. Antes – criação dos estados finais (quadro de uma indústria em um ponto particular do tempo, escritos tipicamente em conjuntos de quatro ou cinco) e dos eventos (uma tendência pode ser desagregada em uma série de eventos); 2. Explicitação do modelo mental vigente – cenários de sabedoria convencional; 3. Mapeamento dos estados finais; participantes são divididos em grupos; 4. Construção dos cenários a apresentação para o grupo; 5. Análise dos pontos comuns e divergentes para os cenários; 6. Escolha do estado final mais desejável; 7. Mapeamento da direção estratégica.	- O futuro é contingente e moldado pela ação de vários participantes; - Na maioria das indústrias, esforços para conseguir vantagens competitivas irão causar mudanças estruturais; -David Mason.
Battelle Memorial Institute	1. Definição da estrutura do assunto a ser pesquisado; 2. Identificação e estruturação das áreas de influência sobre o assunto; 3. Definição dos descritores, com a lógica de cada descritor e atribuição de probabilidades iniciais de ocorrência a cada estado dos descritores; 4. Preenchimento da Matriz de Impacto Cruzado com as probabilidades identificadas na etapa 3 e executando programa BASICS; 5. Seleção dos cenários para estudo mais detalhado e elaboração da narrativa dos mesmos; 6. Introdução de eventos de baixa probabilidade, mas com alto impacto, e condução da análise de sensibilidade com o propósito de analisar os seus efeitos; 7. Elaboração das projeções decorrentes dos cenários e avaliação das suas implicações para a empresa.	-Baseado no método de Análise de Impacto Cruzado; -Uso de software BASICS (Battelle Scenario Inputs to Corporate Strategy).
Análise Prospectiva	1. Análise do problema e delimitação do sistema; 2. Diagnóstico da empresa; 3. Análise estrutural; 4. Dinâmica da empresa no ambiente; 5. Cenários ambientais; 6. Identificação das estratégias; 7. Avaliação das estratégias; 8. Seleção das estratégias; 9. Elaboração de planos de ação e monitoramento da estratégia.	-Aproximação entre análise prospectiva e estratégia; -Michel Godet.

Fonte: Adaptado de Silva; Spers; Wright (2012)

A visualização de múltiplos cenários igualmente plausíveis, serve como base de testes de planos e políticas. Decisões relacionadas ao futuro também podem ser tomadas considerando um conjunto de mais de um cenário por exemplo, quando construídos dois ou três cenários, assim gerando dois ou três resultados diferentes, um para cada cenário. A decisão a ser tomada em cada projeto avaliado utiliza como base esses múltiplos resultados possíveis e não apenas um número de ir ou não ir. Desta forma existe o objetivo de desenvolver projetos com melhores probabilidades de retornos positivos sob qualquer um desses cenários (VAN DER HEIJDEN, 2009 apud SILVA; SPERS; WRIGHT, 2012).

Ao realizar a construção de cenários é importante identificar e definir as variáveis adequadas para melhor desenhar o futuro. Essa construção possibilita a interação de grupos de diferentes funções dentro da empresa, colocando suas formas de pensar em debate com o objetivo de preparar todos os envolvidos definindo estratégias e aprendendo a enfrentar as incertezas do ambiente profissional, tendo assim um melhor embasamento para tomada de decisão.

3 PROPOSTA DE TRABALHO

Neste capítulo está apresentado a realidade atual no planejamento da demanda do núcleo de projetos e uma nova proposta de trabalho. A seguir está explicado a forma de extração de relatórios para o controle, o processo atual além das dificuldades e aspectos que podem ser melhorados.

3.1 CENÁRIO ATUAL

As obras realizadas por uma concessionária de energia necessitam de projetos, onde se classificam principalmente em dois tipos: projetos de obra para atendimento ao cliente e projetos de obra de melhoria da rede elétrica. As obras de atendimento ao cliente possuem prazo regulatório de conclusão, prazo este que é fiscalizado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), devido a isso são realizadas de forma preferencial.

As obras de melhoria da rede elétrica fazem parte do plano de manutenção da empresa, são obras planejadas pela engenharia de forma a melhorar as condições da rede, instalando mais equipamentos de proteção nos circuitos, realizando a substituição de postes antigos de madeiras por novos de concreto e deixando a rede mais robusta, de forma a melhor suportar fatores externos como por exemplo fortes ventanias e raios em temporais. Estas obras têm como propósito a manutenção preventiva da rede resultando assim na redução de intervenções emergenciais no sistema elétrico, principalmente evitando a falta de energia.

Os pedidos provindos de clientes ingressam através da agência de atendimento ou ainda da agência virtual e site de projetos particulares. Estes pedidos são lançados no servidor e assim geradas notas do tipo Z1 no sistema SAP. Através de medidas padronizadas nas notas é possível verificar em qual etapa se encontra. A partir da criação do pedido a ANEEL regulariza o prazo de trinta dias para atendimento do projeto e envio do orçamento ao cliente.

Dentro desses trinta dias são necessárias anteriormente ao projeto, ainda duas etapas. A fase de análise da nota que verifica se há alguma pendência documental e a fase de levantamento em campo que verifica no local da obra se existe a viabilidade necessária para execução do pedido e após isso o setor de projetos recebe então o estudo de carga e as necessidades de campo para realizar o projeto da obra que atenderá o cliente. O projetista receberá o pedido com tais informações e realizará o projeto (tanto orçamento quanto o desenho da rede, postes e equipamentos no sistema) para que após a opção do cliente em efetuar o serviço, seja assim possível executar a obra de acordo com o desenho e orçamento.

Já os projetos de obras providas do plano de manutenção ingressam através de solicitações da engenharia, que criam notas do tipo Z2 no sistema SAP. Estas notas não possuem prazo regulatório, entretanto precisam ser executadas ao decorrer do ano, pois fazem parte da meta de obras e manutenção. Da mesma forma que as notas Z1, também passam pela etapa de análise que realiza o estudo de carga e pela etapa de levantamento que verifica em campo a viabilidade da obra e indica sugestões para o projeto.

Devido a esses principais dois tipos de demanda é necessária uma forma de direcionamento aos projetistas diferenciada. Atualmente através de relatórios no sistema SAP é recolhido as notas reguladas que já estão com levantamento realizado, disponíveis através da medida 0070 - Analisar Levantamento em campo. Após o recebimento nessa medida ela é encerrada e então o planejador de projetos insere a medida 0680 - Continuar Desenvolvimento de Projeto, conforme ilustrado na Figura 11.

Figura 11 - Nota Z1 sistema SAP

Nº	GrpCodi...	Có...	Texto code de medida	Texto das medidas	T...	Status	Responsável	Status do ...	Data planj....	Hor...	Fim planej...	Hor...
1	MDU	0080	Analisar Solicitação	Micaela		MEDL	PROJ1200		10.11.2020	06:4...	17.11.2020	00:0...
2	MDU	0240	Elaborar Projeto	10		MEDE	PROJ1200		17.11.2020	14:5...	09.12.2020	00:0...
3	MDU	0340	Executar Levantamento em...			MEDE	EASD1702		17.11.2020	16:0...	24.11.2020	00:0...
4	MDU	0070	Analisar levantamento em c...01			MEDE	PROJ1200		19.11.2020	14:5...	09.12.2020	00:0...
5	MDU	0680	Continuar Desenvolvimento...	CASSIO JARDIM		MEDL	PROJ1200		23.11.2020	16:0...	03.12.2020	00:0...

Fonte: autor (2020)

Explicados os passos até cada pedido chegar ao setor de projetos, o foco agora será a forma de divisão dessas notas aos projetistas. O técnico de levantamento ao inserir a medida 0070, informa no texto dela a quantidade de postes a intervir na obra, sendo eles postes a substituir, remover ou implantar. Esta informação é utilizada como base para divisão das notas entre os projetistas.

O controle destas notas é efetuado através de uma planilha MS Excel, os relatórios via SAP são extraídos diariamente. O arquivo já possui alguns botões macros que dispõem de interface com o sistema SAP, desta forma ao apertar um botão no Excel ele gera os relatórios e insere na planilha as notas e prazos a serem cumpridos, conforme apresentado na Figura 12.

Figura 12 - Controle das notas Planilha MS Excel

LIMPAR	ATUALIZAR STATUS	ECCXCS	320	691	630	NÍVEL DE TENSÃO						
Nota	Título	Data da Divisão	Tipo de nota	Tipo de nota	Vencimento de Projetos	Status	Responsável	Cidade	POSTES			
3423759	Regularização GMT		REGULADA		14/12/2020	ANÁLISE		São Leopoldo				
30000695025	ALTERAÇÃO DE FASE BT - RURAL		REGULADA		14/12/2020	ANÁLISE		Vespasiano Corrêa	Emanuel			
3430213	Regularização GMT		REGULADA		17/12/2020	ANÁLISE		São Francisco de Paula	Franciele			
30000693152	LIGAÇÃO NOVA BT - MEDIÇÃO AGRUPADA		REGULADA		07/12/2020	AVALIAR		Nova Roma do Sul	Ler tat.			
30000693648	LIGAÇÃO NOVA BT - RURAL		REGULADA		07/12/2020	AVALIAR		Coronel Pilar	1			
30000693943	AUMENTO DE CARGA MT		REGULADA		11/12/2020	AVALIAR		Farroupilha	1			
30000694626	ALTERAÇÃO DE FASE BT - RURAL		REGULADA		13/12/2020	AVALIAR		Monte Belo do Sul	1			
30000694754	LIGAÇÃO NOVA BT - MEDIÇÃO AGRUPADA		REGULADA		13/12/2020	AVALIAR		Garibaldi	1			
30000694363	LIGAÇÃO NOVA BT - RURAL		REGULADA		14/12/2020	AVALIAR		Passo do Sobrado	15			
30000692147	LIGAÇÃO NOVA BT - RURAL		REGULADA		14/12/2020	AVALIAR		Harmonia	1			
300006987985	LIGAÇÃO NOVA LOTEAMENTO		REGULADA		06/12/2020	LEVANTAMENTO		Araricá				
30000693566	ILUMINAÇÃO PÚBLICA AMPLIAÇÃO SUBSTITUIÇÃO		REGULADA		07/12/2020	LEVANTAMENTO		Cachoeira do Sul				
30000693598	LIGAÇÃO NOVA BT - MEDIÇÃO AGRUPADA		REGULADA		07/12/2020	LEVANTAMENTO		Segredo				
30000693725	ALTERAÇÃO DE CARGA - OPTANTE GRUPO B		REGULADA		10/12/2020	LEVANTAMENTO		Cachoeirinha				
30000693967	LIGAÇÃO NOVA BT - RURAL		REGULADA		10/12/2020	LEVANTAMENTO		Cruzeiro do Sul				
30000698196	LIGAÇÃO NOVA BT - RURAL		REGULADA		11/12/2020	LEVANTAMENTO		Arroio do Meio				
30000698734	LIGAÇÃO NOVA BT - RURAL		REGULADA		11/12/2020	LEVANTAMENTO		Nova Petrópolis				
30000694384	REFORMA E ADEQUAÇÃO - AUM. DE CARGA EDIF		REGULADA		12/12/2020	LEVANTAMENTO		São Leopoldo	WAGNER ARAUJO			
30000694440	LIGAÇÃO NOVA BT - RURAL		REGULADA		12/12/2020	LEVANTAMENTO		Caxias do Sul				
3423248	Regularização GMT		REGULADA		13/12/2020	LEVANTAMENTO						
3423774	Regularização GMT		REGULADA		13/12/2020	LEVANTAMENTO		Venâncio Aires				
30000694727	ILUMINAÇÃO PÚBLICA AMPLIAÇÃO SUBSTITUIÇÃO		REGULADA		13/12/2020	LEVANTAMENTO		Sapiranga				
300006982901	LIGAÇÃO NOVA BT - RURAL		REGULADA		13/12/2020	LEVANTAMENTO		Cachoeira do Sul				
30000694289	LIGAÇÃO NOVA MT		REGULADA		13/12/2020	LEVANTAMENTO		Montenegro	Luis Motta			
30000694514	REMOÇÃO DE REDE POSTE AFASTAMENTO - PODE		REGULADA		13/12/2020	LEVANTAMENTO		Sapiranga				
30000694525	AUMENTO DE CARGA MT		REGULADA		13/12/2020	LEVANTAMENTO		Flores da Cunha				
30000694528	LIGAÇÃO NOVA LOTEAMENTO		REGULADA		13/12/2020	LEVANTAMENTO		Monte Belo do Sul	ANDRE			
30000694670	LIGAÇÃO NOVA BT - RURAL		REGULADA		13/12/2020	LEVANTAMENTO		Caxias do Sul				
300006985996	LIGAÇÃO NOVA BT - RURAL		REGULADA		14/12/2020	LEVANTAMENTO		Nova Pádua				
300006987349	LIGAÇÃO NOVA BT		REGULADA		14/12/2020	LEVANTAMENTO		Canela				
300006990253	REFORMA E ADEQUAÇÃO - AUM. DE CARGA EDIF		REGULADA		14/12/2020	LEVANTAMENTO		Carlos Barbosa	ANDRE			
30000691958	LIGAÇÃO NOVA BT - RURAL		REGULADA		14/12/2020	LEVANTAMENTO		Morro Reuter	Claudia Wiana			
30000692656	ALTERAÇÃO DE FASE BT		REGULADA		14/12/2020	LEVANTAMENTO		Canoas	GABRIEL SEGER			
30000694796	REFORMA E ADEQUAÇÃO - AUM. DE CARGA EDIF		REGULADA		14/12/2020	LEVANTAMENTO		Gramado				
30000694797	LIGAÇÃO NOVA EDIFICIO - COLETIVO		REGULADA		14/12/2020	LEVANTAMENTO		Lajeado				

Fonte: autor (2020)

O controle atual demonstra através dos dados das medidas SAP qual a etapa em que se encontra as notas, e dessa forma tudo que já está disponível para ser realizado o projeto é transferido para uma nova aba da planilha e assim através do peso da nota em quantidade de postes distribuídos aos projetistas conforme a Figura 13.

Figura 13 - Divisão das notas Planilha MS Excel

LIMPAR	630		NOVEMBRO		DEZEMBRO					
NOTA	Título	Data da Divisão	Tipo de nota	PLANO	Vencimento	Status	Responsável	Cidade	Quantidade de poste	
3331151	AP_CONF_INT_RER-CGA_MTA17-EQUI4	03/11/2020	COMITÊ	CHAVE	09/12/2020	Em projeto	ANA PAULA	Montenegro	1	
30000692364	ALTERAÇÃO DE FASE BT - RURAL	27/11/2020	REGULADA	AUMENTO DE CARGA	03/12/2020	Em projeto	ANDERSON DUARTE	Maratá	1	
30000692439	LIGAÇÃO NOVA BT	27/11/2020	REGULADA	LIGAÇÃO NOVA BT	03/12/2020	Em projeto	ANDERSON DUARTE	Taquara	9	
30000692638	LIGAÇÃO NOVA BT - RURAL	27/11/2020	REGULADA	LIGAÇÃO NOVA BT	04/12/2020	Em projeto	ANDERSON DUARTE	Caxias do Sul	4	
2823261	Estudo de Proteção Religador Op. 318931	01/02/2020	EMAIL	ATUALIZAÇÃO	10/12/2020	Em projeto	ANDERSON DUARTE	Sapucaia do Sul	1	
30000692311	ALTERAÇÃO DE CARGA - OPTANTE GRUPO B	27/11/2020	REGULADA	MT	03/12/2020	Em projeto	ARLEI BATISTELO	Gravatá	1	
30000692361	ALTERAÇÃO DE FASE BT - RURAL	27/11/2020	REGULADA	AUMENTO DE CARGA	03/12/2020	Em projeto	ARLEI BATISTELO	Maratá	2	
3316769	133-2021_AP_INT_RER-CGA_VNB14-EQUI2RL	30/10/2020	COMITÊ	EQUIP. ESPECIAL	04/12/2020	Em projeto	ARLEI BATISTELO	Venâncio Aires	11	
3332354	152-2021_AP_CONF_INT_RER-CGA_EQUIP02 RL	03/11/2020	COMITÊ	EQUIP. ESPECIAL	04/12/2020	Em projeto	ARLEI BATISTELO	Novo Hamburgo	11	
3376114	Vacaria 2021 - Insp Visual de Redes	27/11/2020	SITUAÇÃO DE RISCO	MMS	01/12/2020	Em projeto	BRUNO GOBBI	Bom Jesus	28	
3375838	Vacaria 2021 - Insp Visual de Redes	27/11/2020	SITUAÇÃO DE RISCO	MMS	06/12/2020	Em projeto	BRUNO GOBBI	Bom Jesus	16	
3344829	Taquara 2021 - Insp Visual de Redes	12/11/2020	COMITÊ	MMS	08/12/2020	Em projeto	BRUNO LEONARDO	Rolante	12	
30000692443	ALTERAÇÃO DE FASE BT - RURAL	27/11/2020	REGULADA	AUMENTO DE CARGA	03/12/2020	Em projeto	CASSIO JARDIM	Maratá	1	
30000692577	LIGAÇÃO NOVA BT - RURAL	27/11/2020	REGULADA	LIGAÇÃO NOVA BT	03/12/2020	Em projeto	CASSIO JARDIM	Maratá	1	
30000692605	LIGAÇÃO NOVA BT - RURAL	27/11/2020	REGULADA	LIGAÇÃO NOVA BT	04/12/2020	Em projeto	CASSIO JARDIM	Flores da Cunha	23	
30000694162	LIGAÇÃO NOVA BT - RURAL	26/11/2020	REGULADA	LIGAÇÃO NOVA BT	11/12/2020	Em projeto	CASSIO JARDIM	Muitos Capões	1	
30000692350	LIGAÇÃO NOVA MT (LIMINAR MATIOS)	17/11/2020	REGULADA	MT	02/12/2020	Em projeto	DIEGO FACHINETTO	Sapiranga	2	
30000693045	LIGAÇÃO NOVA BT - RURAL (liminar)	13/11/2020	REGULADA	LIGAÇÃO NOVA BT	04/12/2020	Em projeto	DIEGO FACHINETTO	Caxias do Sul	2	
300006989056	REMOÇÃO DE REDE POSTE AFASTAMENTO (matios)	18/11/2020	REGULADA	DESLOCAMENTO	04/12/2020	Em projeto	DIEGO FACHINETTO	São Leopoldo	5	
3341556	LIGAÇÃO NOVA BT - PODER PÚBLICO - INCRÁ	28/09/2020	EMAIL	LIGAÇÃO NOVA BT	08/12/2020	Em projeto	DIEGO FACHINETTO	Esmeralda	30	
3341656	LIGAÇÃO NOVA BT - PODER PÚBLICO - INCRÁ	28/09/2020	EMAIL	LIGAÇÃO NOVA BT	11/12/2020	Em projeto	DIEGO FACHINETTO	Esmeralda	29	
300006984996	REMOÇÃO DE REDE POSTE AFASTAMENTO (matios)	30/11/2020	REGULADA	DESLOCAMENTO	12/12/2020	Em projeto	DIEGO FACHINETTO	Portão	4	
3341691	LIGAÇÃO NOVA BT - PODER PÚBLICO - INCRÁ	28/09/2020	EMAIL	LIGAÇÃO NOVA BT	18/12/2020	Em projeto	DIEGO FACHINETTO	Esmeralda	29	
30000692371	LIGAÇÃO NOVA EDIFICIO - COLETIVO	27/11/2020	REGULADA	PMUC	03/12/2020	Em projeto	EDUARDO GUILHERME	Montenegro	7	
30000692375	REFORMA E ADEQUAÇÃO - AUM. DE CARGA EDIF	27/11/2020	REGULADA	PMUC	03/12/2020	Em projeto	EDUARDO GUILHERME	Caxias do Sul	2	
30000692415	AUMENTO DE CARGA MT	27/11/2020	REGULADA	MT	04/12/2020	Em projeto	EDUARDO GUILHERME	Caxias do Sul	2	
3252749	MANUT. EQUIP. ESP. 2020 - D848238 - MOC	03/11/2020	COMITÊ	Manutenção Equip. Esp.	02/12/2020	Em projeto	JOÃO BATISTA	Cachoeira do Sul	1	
3325607	103_AP_CONF_INT_RER-CGA_2021_REDE 3	20/11/2020	COMITÊ	AP. Confiabilidade	04/12/2020	Em projeto	JORGE OSMIR	Arroio do Meio	10	
3325609	103_AP_CONF_INT_RER-CGA_2021_EQUIP 2	30/10/2020	COMITÊ	CHAVE	04/12/2020	Em projeto	JORGE OSMIR	Arroio do Meio	1	
30000692433	LIGAÇÃO NOVA BT - RURAL	27/11/2020	REGULADA	LIGAÇÃO NOVA BT	03/12/2020	Em projeto	LUCAS CAMASSOLA	Passa Sete	1	
30000692433	LIGAÇÃO NOVA BT - RURAL	27/11/2020	REGULADA	LIGAÇÃO NOVA BT	06/12/2020	Em projeto	LUCAS CAMASSOLA	São Marcos	2	
300006986356	Vacaria 2021 - Insp Visual de Redes	27/11/2020	SITUAÇÃO DE RISCO	MMS	01/12/2020	Em projeto	MARCELO XISTO	Bom Jesus	16	
3409591	Regularização GMT	27/11/2020	REGULADA	NÍVEL DE TENSÃO	02/12/2020	Em projeto	MARCO ANTONIO	Gramado Xavier	5	
30000693533	AUMENTO DE CARGA MT	27/11/2020	REGULADA	MT	03/12/2020	Em projeto	MARCO ANTONIO	Estância Velha	1	
300006972960	REMOÇÃO DE REDE POSTE AFASTAMENTO	27/11/2020	REGULADA	DESLOCAMENTO	04/12/2020	Em projeto	MARCO ANTONIO	Bom Jesus	1	
3376124	Gramado 2021 CONCO - Insp Visual de Redes	30/11/2020	COMITÊ	MMS	04/12/2020	Em projeto	OMEGA	São Francisco de Paula	29	

Fonte: autor (2020)

É considerado para a divisão os técnicos de projetos disponíveis e então realizada a distribuição entre eles das notas para serem realizadas no prazo pré-determinado. Entretanto a

demanda regulada varia, tendo semanas ou meses em que está muito alta, e desta forma a quantidade de projetistas não supre a demanda de notas por fazer dentro do seu prazo. Isso gera muitas vezes uma sobrecarga aos projetistas o que resulta em diversas vezes um trabalho realizado às pressas para atender o prazo de entrega. O resultado disso é uma menor qualidade nos projetos além de insatisfação dos técnicos, que acabam sobrecarregados.

Além da demanda regulada é necessário ainda dividir as notas Z2 aos técnicos. Estas notas são definidas no fim de cada mês para serem projetadas no mês subsequente através de um comitê de projetos realizado pelos gestores e o planejador. O grande desafio é justamente conseguir conciliar as notas de atendimento ao cliente com prazo regulatório e atender as notas do plano de manutenção.

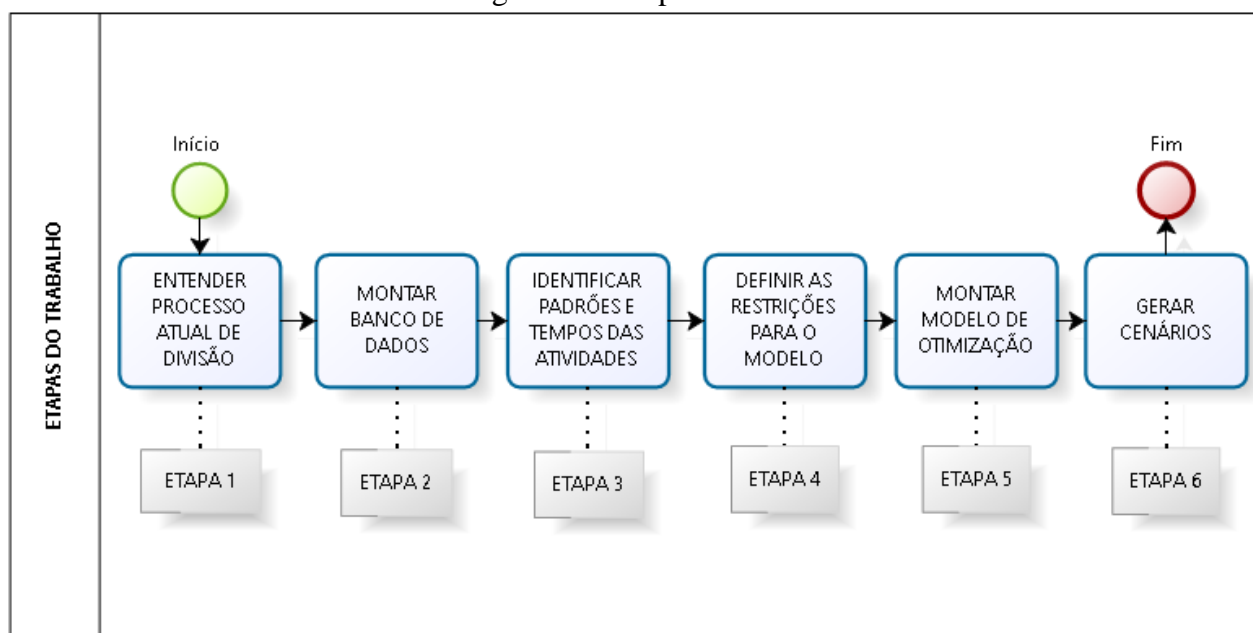
Geralmente essa dificuldade ocorre pois a utilização apenas do parâmetro de postes é insuficiente. Apesar deste parâmetro auxiliar e dar uma ideia do tamanho da obra, muitas vezes somente essa informação não é válida, devido à complexidade de alguns projetos em que é necessário o recondutoramento de rede por exemplo, atuando em diversos trechos, mas não necessitando a troca do poste em si. Nestes casos pode acontecer de na medida 0070 estar informado poucos postes, porém o projeto ser enorme.

Considerando todos os fatores expostos acima existe uma grande necessidade de melhoria no processo de divisão da demanda. Atualmente a figura do planejador determina através de seu senso crítico quais notas de serviço passar a quais projetistas. É preciso definir de uma forma mais assertiva os pesos por tipo de obra, além de tempos para realizar cada projeto, além de direcionar as notas para os técnicos de acordo com sua capacidade técnica.

3.2 PROPOSTA DE TRABALHO

A proposta deste trabalho é encontrar um modelo matemático que englobe os diversos aspectos que influenciam no peso de cada nota para divisão e desta forma direcionar as notas para os projetistas de modo adequado. Para que seja possível chegar no resultado final, gerando os cenários para tomada de decisão o trabalho será dividido em seis etapas principais, que seguem abaixo expostos na Figura 14.

Figura 14 - Etapas do trabalho



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

3.2.1 Etapa 1: Entender processo atual de divisão

A primeira etapa é entender como funciona atualmente o processo de designação das tarefas no setor. Esta primeira etapa já está desenvolvida conforme exposto no início deste capítulo, onde foi explicado os critérios de divisão ainda muito dependentes da decisão exclusiva da figura do planejador de demanda.

3.2.2 Etapa 2: Montar banco de dados

Atualmente já se tem a extração de dados de produtividade do núcleo onde é possível ter a noção da quantidade de notas que são realizadas no dia, semana e mês. Além disso, através de dados históricos, em relatórios via sistema SAP é possível mensurar o tempo que cada projetista exerce para realizar determinado tipo de projeto, extrair relatórios das notas feitas por tipo de obra, por projetista, entre outros fatores que queiram ser buscados.

Devido ter disponível todas essas informações no sistema, basta realizar a extração dos dados. A informação está disponível a grande questão é o que buscar e como buscar. Sendo assim após conhecer o processo de divisão foi identificado as falhas do processo e é justamente nisso que será trabalhado, extraíndo todos os dados necessários para que seja possível ter o conhecimento de quanto se produz, em quanto tempo, quais atividades levam mais tempo a

serem realizadas, para assim se saber qual o nível técnico das atividades. É através destes dados que será possível realizar as próximas etapas do trabalho.

3.2.3 Etapa 3: Identificar padrões e tempos das atividades

Existe mais de um fator que influencia no tempo que o técnico irá levar para concluir cada projeto. Dentre estes fatores está o tipo de obra, o tamanho da obra, a complexidade, o nível técnico do projetista, a quantidade de notas que o projetista já possui em sua demanda por fazer, prazo de entrega de cada projeto além de tudo que ele já produziu na semana. Considerando estes fatores citados anteriormente é necessário que no momento da divisão da carga de trabalho aos técnicos seja levado em conta todos esses critérios, atualmente isso é feito apenas de forma humana, onde a figura do planejador determina através de seu senso crítico quais notas de serviço passar a quais projetistas. Entretanto é necessário melhorar este método de divisão, através da criação de um algoritmo que considere todas as restrições necessárias e aplicar isso a um programa computacional que seja adequado a realidade da empresa.

Para que seja possível estabelecer um critério de divisão da demanda será necessário padronizar uma unidade de medida para o peso de cada projeto. Tendo em vista que atualmente apenas a quantidade de postes a trocar não está suprimindo de forma eficiente a carga real de cada nota, é necessário definir outro fator. Ao realizar os projetos, além do desenho o projetista realiza também o orçamento dos materiais e serviços. Ao final do projeto se possui a quantidade de linhas em materiais orçados, bem como a quantidade de unidade de serviço (US) que deverá ser paga em cada obra. O núcleo de gestão já utiliza desse parâmetro para considerar o peso das obras, é assim que a gestão contabiliza os pedidos ao núcleo de projetos. É através das US que é realizado o pagamento as empreiteiras contratadas para realizar a execução da obra em campo. Posto isso, o núcleo de projetos recebe sempre os pedidos mensurados em US, e seria mais eficiente utilizar deste mesmo parâmetro já existente para realizar a divisão da carga de trabalho aos projetistas.

3.2.4 Etapa 4: Definir as restrições para o modelo

A fim de conseguir mensurar qual o peso a se aplicar a cada nota será necessário realizar um estudo através de relatório via sistema SAP, extraindo as notas que já foram projetadas nos últimos meses. Com os dados destes relatórios será possível desmembrar por tipo de obra quantas US em média foram produzidas. Aqui entram nos tipos de obras tanto as

notas de atendimento ao cliente quanto as notas do plano de manutenção. Além do estudo por tipo de obra é necessário ter a noção do tamanho da obra em questão. Quanto às notas providas de comitê de projetos tem-se o conhecimento da extensão em quilometragem de rede, juntamente com este dado tem-se a informação da engenharia sobre quantos postes de madeira existem no trecho. Através deste dado é possível estipular a quantia média de US por projeto, pois é padrão que postes de madeira devem ser substituídos em obras de melhoria. Além disso existe o nível de complexidade de cada projeto que para isso deverá ser definido um fator de complexidade por obra para ser considerado no modelo matemático.

Além dos pesos expostos anteriormente é ainda necessário realizar o levantamento de quanto em média é a produção em US dos projetistas, conforme seu nível técnico. Desta forma precisará ser definido quais atividades cada projetista conforme seu nível pode realizar ou não, e assim direcionar as notas de forma mais eficiente. Também é importante que neste modelo esteja previsto tudo que o técnico já produziu no período, para que os técnicos que já fizeram suas atividades não recebam sempre mais para fazer, enquanto outros técnicos devido demorarem mais para entregar o projeto acabam recebendo menos carga de trabalho. Destinar notas aos técnicos de forma igualitária evitará que alguns estejam sobrecarregados enquanto outros estão produzindo pouco. Sendo assim todos esses itens citados anteriormente são as restrições para o modelo, e é através disso que será possível restringir a melhor solução possível.

3.2.5 Etapa 5: Montar modelo de otimização

Nesta etapa será montado o modelo de otimização. Serão incluídos os fatores que já foram analisados nas etapas anteriores, sendo assim já se tem as restrições necessárias a serem aplicadas no modelo matemático. Criando a função-objetivo do problema será possível aplicar um algoritmo de programação e assim encontrar possíveis soluções ótimas.

A ideia nesta etapa é realizar a aplicação de redes neurais, e através de um programa computacional que seja adequado a realidade da empresa, encontrar as soluções ótimas e com isso gerar os cenários para tomada de decisão.

3.2.6 Etapa 6: Gerar cenários

Após a aplicação do modelo matemático e ter-se assim a solução ótima para divisão das notas entre os técnicos serão gerados assim cenários para tomada de decisão. Na sexta etapa será possível gerar os cenários e assim chegar à conclusão de qual é a melhor forma de realizar

a designação das tarefas e direcionar as notas de uma forma adequada aos projetistas. É nessa etapa que se dará a conclusão do trabalho, onde estarão os resultados finais e assim poderá ser aplicada a otimização no processo de designação de tarefas no núcleo de projetos, e posteriormente implementar a solução.

4 RESULTADOS

Para gerar os resultados se faz necessário o desenvolvimento do modelo de um algoritmo para otimização da divisão das notas em projetos. No decorrer deste capítulo será mostrado como foi realizado esse modelo e quais as premissas para o desenvolvimento dele bem como os resultados.

4.1 DESENVOLVIMENTO DO MODELO

Para montar o modelo matemático para o algoritmo se faz necessário estabelecer algumas premissas como variáveis principais de entrada e saída. Neste primeiro momento é necessário definir as entradas com as informações de cada nota a ser dividida aos projetistas.

Variáveis de entrada:

- a) Tipo de nota
- b) Grau de dificuldade da nota
- c) Tempo (Data de vencimento – Data de divisão)
- d) Plano
- e) US estimada

Variáveis de saída:

- a) Experiência e Grau Técnico

As variáveis de entrada são os dados mais relevantes a serem considerados no momento da divisão dos projetos. São estas informações que definem qual técnico é apto para efetuar o projeto até o prazo, além da capacidade técnica necessária. Assim as variáveis de saída devem ser qual a experiência e grau técnico necessários para realizar aquela nota e posteriormente será possível verificar quais são os técnicos daquele grau que estão disponíveis para receber a nota na demanda.

O tipo de nota para o algoritmo foi considerado como tipo 1 a nota Z1 de atendimento ao cliente (regulada) e as notas Z2 do plano de manutenção (notas internas) como tipo 2. O grau de dificuldade das notas é classificado de 1 a 3 conforme sua complexidade, sendo que notas de dificuldade 2 e 3 podem ser realizadas apenas pelos técnicos mais experientes.

Cada nota tem um prazo de vencimento a ser respeitado. Notas Z1 o prazo normalmente é menor, e estas notas conforme já explicado anteriormente surgem sob demanda dos clientes o que faz com que estas notas não sejam planejadas previamente, sendo necessário

atualização e divisão diária destas notas reguladas. Já as notas Z2 também tem prazo, entretanto é mais flexível, pois tem-se o mês vigente do comitê de projetos para projetá-las, ou seja, os prazos devem ser organizados no decorrer do mês de forma a conseguir entregar todas as notas dentro de 30 dias. Para o algoritmo foi usado como parâmetro de entrada a data de vencimento e a data de divisão das notas, dessa forma sendo possível visualizar em até quantos dias a nota será projetada.

Além dessas variáveis também é importante identificar qual o plano de obra da nota a dividir. Existem mais de um tipo de obra a se projetar que são então divididas nos chamados planos, desde notas de nova ligação e aumento de carga por exemplo, como notas de plano de modernização de redes (PMD), manutenção de rede (MMS), manutenção de rede a pedido de cliente (MRPC), notas de equipamentos especiais como religadores, chaves, reguladores de tensão, obras complexas de alimentadores (planos PESE, PFAL, Confiabilidade) dentre outros. Estes chamados planos definem qual o tipo de obra e, através disso é definido quais técnicos já sabem realizar estes projetos e possuem a capacidade técnica adequada e experiência necessária. Além disso como já explicado anteriormente é de extrema importância definir um peso de tamanho da obra. O parâmetro utilizado para esse peso foi a quantidade de US planejada para cada nota.

O parâmetro de US planejada foi determinado de acordo com o padrão histórico de comportamento de cada plano, considerando a extensão das obras tanto em quantidade de postes trocados como em quilometragem. Foi determinado um padrão de quantidade e comparado com os resultados finais de projeto para se ter o contexto real, tendo como resultado o fato de que a US planejada está muito similar a US final projetada, ou seja, sendo um parâmetro confiável de mensurar as obras. Tendo como base esse tamanho em US de cada nota é possível estimar o quanto de carga de trabalho a pessoa já possui e o tempo que esse projetista vai demorar para realizar esta atividade através dos valores obtidos por meio também de dados históricos.

Tendo em vista todo o exposto, utilizando estes parâmetros de entrada e saída, foram retirados do sistema SAP da empresa relatórios de dados históricos dos últimos meses. Esse banco de dados foi utilizado para treinar o algoritmo de redes neurais utilizado. Conforme exposto na Figura 15 a seguir algumas variáveis deste banco de dados utilizado.

Figura 15 - Recorte do banco de dados

Tipo Nota	Grau de dificuldade da nota	Data divisao	Vencimento	Plano	US Estimada	Experiencia	Grau tecnico
2	2	26/1/2021	1/3/2021	Plano Religadores	47	Experiente	Tecnico 2
1	1	23/2/2021	1/3/2021	PMUC	48	Experiente	Tecnico 1
1	2	17/2/2021	1/3/2021	OCUPAcaO	87	Experiente	Tecnico 2
1	1	23/2/2021	1/3/2021	LIGAcaO NOVA BT	94	Experiente	Tecnico 3
2	1	4/2/2021	1/3/2021	MMS	116	Aprendizagem	Tecnico 1
2	3	26/1/2021	1/3/2021	PESE	179	Experiente	Tecnico 3
1	1	23/2/2021	2/3/2021	PMUC	32	Experiente	Tecnico 2
2	2	1/3/2021	2/3/2021	Plano Religadores	45	Experiente	Tecnico 1
2	1	26/2/2021	2/3/2021	MMS	57	Aprendizagem	Tecnico 1
1	1	1/3/2021	2/3/2021	AUMENTO DE CARGA	57	Experiente	Tecnico 2
1	1	23/2/2021	2/3/2021	LIGAcaO NOVA BT	63	Experiente	Tecnico 1
2	2	26/1/2021	3/3/2021	Plano Religadores	59	Experiente	Tecnico 1
2	1	3/2/2021	3/3/2021	PMD	71	Medio	Tecnico 1
2	1	3/3/2021	4/3/2021	Protecao	18	Medio	Tecnico 1
1	1	2/3/2021	4/3/2021	LOTEAMENTO	35	Experiente	Tecnico 1
1	1	3/3/2021	4/3/2021	AUMENTO DE CARGA	37	Experiente	Tecnico 2
2	1	20/2/2021	4/3/2021	MRPC	40	Aprendizagem	Tecnico 1
2	1	2/3/2021	4/3/2021	MMS	43	Aprendizagem	Tecnico 1
1	2	1/3/2021	4/3/2021	MT	44	Experiente	Tecnico 1
1	1	23/2/2021	4/3/2021	AUMENTO DE CARGA	46	Experiente	Tecnico 1
2	2	26/1/2021	4/3/2021	AP_Confiabilidade	87	Experiente	Tecnico 2
1	1	23/2/2021	5/3/2021	DESLOCAMENTO	18	Experiente	Tecnico 1

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Para otimização desse processo de divisão foi utilizado neste trabalho programação de redes neurais do tipo *perceptron* multicamadas. O programa foi elaborado por meio da linguagem de programação *Python* através do ambiente de desenvolvimento *Spyder*. A principal biblioteca utilizada nesse programa foi a biblioteca *Tensor Flow* que possui funções prontas de estruturas de redes neurais dos mais variados tipos como funções de ativação, técnicas de regularização, otimizadores, além de detectar e decifrar padrões e correlações.

Como biblioteca da inteligência artificial foi utilizada a *Keras* que é considerada de alto nível e é construída sobre o *Tensor Flow*. Para manipulação dos dados foi utilizada a biblioteca *Pandas* que é uma biblioteca para exploração de dados e aprendizado de máquina (*machine learning*). Uma das principais vantagens do *Pandas* é sua excelente integração com outras bibliotecas do *Python* para *machine learning* e para geração de visualizações, como *Scikitlearn* e *TensorFlow* que é o caso de utilização neste algoritmo.

O programa irá analisar as variáveis de entrada recebidas para cada nota a ser dividida e através da avaliação delas irá fornecer o resultado nas variáveis de saída com a informação de qual a experiência e grau técnico mínimo necessário para projetar determinada nota. Através desta informação se torna então possível buscar dentre os técnicos do núcleo quais são as pessoas que se encaixam no perfil daquele projeto.

O algoritmo de divisão antes de decidir a qual técnico irá direcionar a nota precisa avaliar a US na demanda de cada técnico, a quantidade de notas na demanda e os respectivos vencimentos destas notas. Foram colocados neste programa alguns cálculos e regras de negócio que verificam estas premissas através do banco de dados atual da demanda de cada técnico bem

como as informações de cada projetista como período de férias, tipos de planos que projeta e dias disponíveis.

Utilizando destes parâmetros citados anteriormente foi implementado um cálculo de média ponderada onde foi inserido o peso maior ao vencimento de cada nota e peso igualmente proporcional à quantidade de notas e US na demanda de cada técnico. De acordo com esse resultado do cálculo quanto maior o valor encontrado maior será a prioridade dessa pessoa receber notas pois está com menor carga de trabalho que os demais.

Os demais técnicos que estão com maior carga de trabalho não irão receber mais notas até que sejam balanceadas conforme forem produzindo e, assim quando sua carga reduzir voltará a receber mais demanda de acordo com seu vencimento e tamanho de US. Avaliando a data de início e data de fim de férias nos dias que o técnico estiver em período de férias a prioridade dele receber as notas será sempre zero. Conforme ilustrado abaixo nas Figuras 16 e 17 estão trechos do programa onde foram realizados estes cálculos e regras.

Figura 16 - Trecho do programa regras de férias

```

today = datetime(2021, 5, 6)
for i, name in enumerate(names):
    filtered = technicians_demand[(demand['Responsável'] == name)]
    vacation = technicians_vacations[(technicians_vacations['TÉCNICO'] == name)][['FÉRIAS', 'FIM']]

    try:
        vacation = vacation.astype('datetime64')
        start, end = vacation['FÉRIAS'].iloc[0], vacation['FIM'].iloc[0]
        is_in_vacation = filtered[(filtered['Vencimento de Projetos'] >= start) & (filtered['Vencimento de Projetos'] <= end)]
        if not(is_in_vacation.empty): continue

        days_until_due_date = sum([
            (due_date - today).days
            for due_date
            in filtered['Vencimento de Projetos']
        ])
    except:
        days_until_due_date = sum([
            (due_date - today).days
            for due_date
            in filtered['Vencimento de Projetos']
        ])
    rows, _ = filtered.shape
    technicians_us.loc[i] = name, sum(filtered['US']), rows, days_until_due_date

```

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Figura 17 - Trecho do programa regras e cálculo de prioridade de divisão

```

technicians_us.loc[i] = name, sum(filtered['US']), rows, days_until_due_date

scaler = MinMaxScaler(feature_range=(0.1, 10))
technicians_us[['us_na_demanda', 'qnt_notas_na_demanda', 'dias_para_vencer']] = scaler.fit_transform(
    technicians_us[['us_na_demanda', 'qnt_notas_na_demanda', 'dias_para_vencer']])
technicians_us['prioridade'] = technicians_us.apply(lambda df: calculate_priority(df['us_na_demanda'],
df['qnt_notas_na_demanda'], df['dias_para_vencer']), axis=1)
technician = technicians_us.iloc[argmax(technicians_us['prioridade'])]

print(technicians_us)
print(technician)

def calculate_priority(us_na_demanda, qnt_notas_na_demanda, dias_para_vencer):
    return ((-1.5 * us_na_demanda) + (-1.5 * qnt_notas_na_demanda) + (7 * dias_para_vencer)) / 10

```

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

O código fonte do programa em detalhes não está disponível na versão final do trabalho por motivo de sigilo. No código principal constam todas as funções utilizadas, bibliotecas, códigos e comentários que também auxiliam a compreensão do que acontece quando o programa roda determinadas linhas do código.

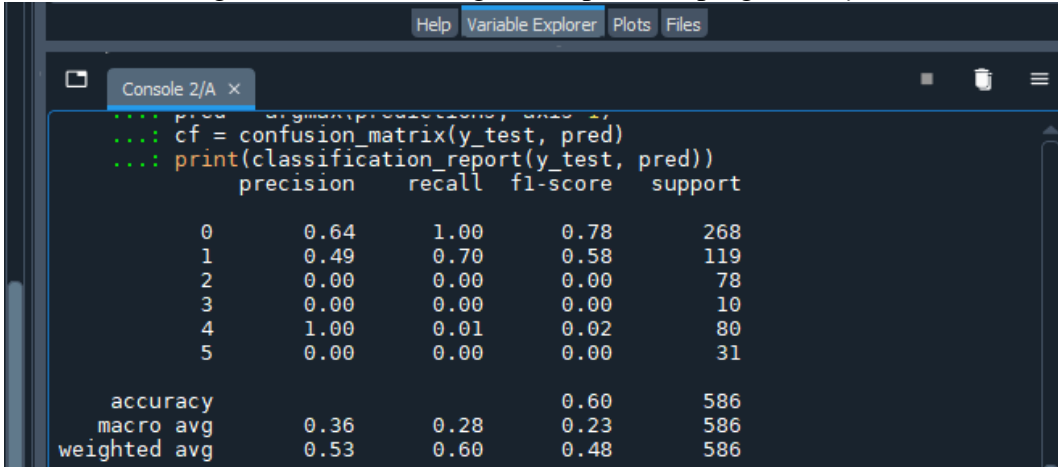
4.2 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Diante da finalização da programação da rede neural e o seu devido treinamento utilizando o banco de dados históricos com os parâmetros pré-definidos de entrada bem como as saídas foi possível chegar a um resultado de precisão final. Nos testes realizados o programa executou bem a função de dividir, sempre priorizando a divisão das notas para os técnicos que estão com menos carga de trabalho que os demais, e considerando também o tempo a ser levado para execução da tarefa até a data de vencimento. Todos os testes realizados em simulações onde os projetistas estariam de férias no período, o programa não dividiu os projetos a este técnico, mas sim direcionou aos que estavam mais livres de forma eficiente.

O programa se mostrou bastante eficaz principalmente na divisão das notas aos técnicos de grau 1 que são a maior parcela dos projetistas do núcleo. Os projetistas de grau técnico 1 recebem principalmente as notas de planos menos complexos e existe no setor um alto volume de notas destes casos. Após o treinamento a rede neural conseguiu aderir bem o aprendizado de quais notas tem o padrão de serem direcionadas aos projetistas de grau técnico 1 em aprendizagem, nível médio e experientes.

Conforme ilustrado abaixo na Figura 18 a rede neural ficou com uma acurácia geral de 60% de reprodução fiel do treinamento.

Figura 18 - Resultado geral de precisão programa *Python*



```

...: print(classification_report(y_test, pred))
precision    recall  f1-score   support

 0          0.64         1.00         0.78         268
 1          0.49         0.70         0.58         119
 2          0.00         0.00         0.00          78
 3          0.00         0.00         0.00          10
 4          1.00         0.01         0.02          80
 5          0.00         0.00         0.00          31

 accuracy          0.60         586
 macro avg         0.36         0.28         0.23         586
 weighted avg         0.53         0.60         0.48         586

```

Fonte: autor (2021)

Para os técnicos de grau 2 e grau 3 apesar de receberem notas de dificuldades 2 e 3 também auxiliam em algumas demandas de nível 1 o que pode ter acarretado de alguma forma na distorção do aprendizado da rede para estes casos. A matriz de confusão mostra que para esses técnicos de nível mais avançado a rede não conseguiu uma boa adesão. Conforme mostra a Figura 19.

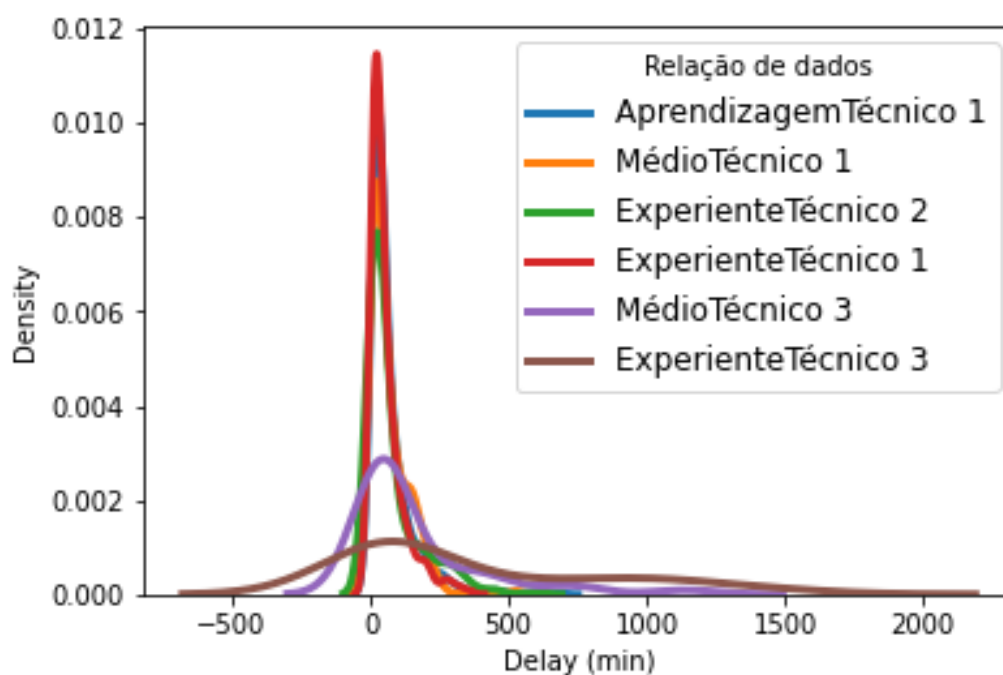
Figura 19 - Matriz de confusão

	0	1	2	3	4	5
0	267	1	0	0	0	0
1	36	83	0	0	0	0
2	29	49	0	0	0	0
3	10	0	0	0	0	0
4	54	25	0	0	1	0
5	21	10	0	0	0	0

Fonte: autor (2021)

Analisando a Figura 20 é possível visualizar a densidade dos dados, através do gráfico plotado pelo programa. Conforme a curva do gráfico é possível visualizar que se tem bons dados para os técnicos de nível 1 onde os gráficos estão com uma curva maior.

Figura 20 - Densidade de amostras



Fonte: autor (2021)

É notável que o algoritmo interpretou e correlacionou bem os dados referentes aos projetos direcionados a técnicos de nível 1 (cores azul, amarelo e vermelho), tanto nas experiências de aprendizagem e também técnicos de grau 1 mais experientes. O que pode ser observado também é que para os técnicos 2 a curva (cor verde) diminui um pouco, e quanto as curvas dos técnicos 3 (cores roxo e marrom) estão bem baixas. A avaliação destes resultados possibilita a geração de cenários para tomada de decisão da utilização e implantação ou não do método. Essa análise está explicada e detalhada a seguir nas implicações gerenciais.

4.3 IMPLICAÇÕES GERENCIAIS

Mediante ao resultado exposto apresentam-se dois cenários. No primeiro cenário existente é possível realizar um bom padrão de divisão para os técnicos 1 através das redes neurais. A aplicação da inteligência artificial se assim a empresa desejar é admissível pois nas simulações realizadas o algoritmo se mostrou eficiente além de ser mais rápido que a divisão manual apenas realizada pelo senso crítico da figura do planejador de demanda. O volume de notas que é alto faz com que seja viável a utilização da otimização do processo da divisão das tarefas para técnicos 1.

Em um segundo cenário existe a divisão para os técnicos 2 e 3 que precisa ainda ser lapidada. Para que seja de fato eficiente a divisão através de redes neurais a estes técnicos de nível mais avançado, será necessário inicialmente amadurecer o processo de divisão destas notas por alguma regra de negócio ou outra forma mais simples. Assim ao dispor de dados mais organizados como exemplo para treinar a rede novamente, conseqüentemente será possível gerar resultados melhores. Através dos exemplos que a rede possui atualmente, a mesma ainda não consegue correlacionar bem as entradas com as saídas destes técnicos de nível mais avançado. Após essa melhoria dos dados para o treinamento nestes casos a rede conseguirá processar novamente o aprendizado e assim dar bons resultados para todos os níveis técnicos.

Em suma, ao avaliar os dois cenários encontrados, o modelo da forma como se concretizou não possui replicabilidade apesar de estável. Considerando as soluções resultantes no momento não é viável o investimento em utilizar as redes neurais para a divisão da demanda do núcleo. Embora a divisão aos técnicos de nível 1 seja a maior parte da demanda do setor, ainda não é propício se utilizar desse método devido não atender bem aos técnicos de maior nível. Para ser considerado vantajoso o investimento e aplicação da inteligência artificial se faz necessário que a rede seja eficiente na divisão de forma integral, abrangendo todos níveis técnicos e experiências.

5 CONCLUSÃO

Seguindo o objetivo geral de desenvolver um método para designação de tarefas em projetos em uma empresa do setor elétrico, este trabalho foi organizado em seis etapas: entender o processo atual de divisão no setor, montar banco de dados, identificar padrões e tempos das atividades, definir as restrições para o modelo, montar o modelo de otimização e, por fim a geração de cenários para tomada de decisão. Para otimização do processo de divisão foi utilizado programação de redes neurais do tipo *perceptron* multicamadas.

Como resultado deste modelo foi possível verificar que a rede neural é eficiente na divisão das notas considerando as regras implementadas de férias ou ainda a questão de considerar a prioridade de recebimento das notas conforme a carga de trabalho já existente na demanda de cada técnico bem como os vencimentos das notas. A rede conseguiu cumprir bem o treinamento do padrão de comportamento de divisão dos técnicos de grau 1, entretanto encontrou uma certa dificuldade no treinamento das notas dos técnicos de grau 2 e grau 3.

Para atender o objetivo geral o trabalho foi dividido em cinco objetivos específicos. O primeiro objetivo específico desenvolvido foi entender o atual processo de designação de tarefas em projetos. Este objetivo foi integralmente cumprido, toda a forma de divisão realizada através das informações de quantidade de postes vindas de levantamento e os métodos utilizados foram detalhados e explicados no trabalho. A forma atual apesar de ser assertiva e funcionar é muito trabalhosa por depender do direcionamento do planejador de cada nota aos projetistas e essa divisão ser baseada pelo seu senso crítico e experiência.

O segundo objetivo específico, de identificar padrões de atividades e customizações necessárias a cada tipo de projeto desenvolvido, foi devidamente cumprido. Através da extração dos dados históricos foi possível verificar os padrões de produtividade por tipo de planos de obras e dentro deste critério foi estabelecido um valor padrão de estimativa de US por obra de acordo com sua extensão em quilometragem ou ainda em quantidade de postes substituídos, dependendo do tipo de obra esse valor se diferencia. Toda essa estimativa foi feita baseada nos dados reais das US realizadas nas obras por tipo de plano e assim se obteve o padrão das atividades e customizações necessárias nomeando de forma padrão cada tipo de obra.

O terceiro objetivo específico foi associar quais pessoas podem executar cada tarefa no desenvolvimento dos projetos. Este objetivo também foi cumprido. Em paralelo com a realização do estudo foi implementado no setor um método de informar a dificuldade das notas que passam previamente por uma triagem. Nesta etapa a triagem informa através de uma medida na nota SAP qual a dificuldade da nota e assim se tem a assertividade em direcionar as

notas além do fator tipo de plano de obra também pelo nível de dificuldade do projeto. Sendo assim é possível direcionar as notas mais complexas para os projetistas de maior experiência e grau técnico dentro do grupo de trabalho.

O quarto objetivo específico foi determinar os tempos médios de execução de cada tarefa nos projetos. Esta etapa certamente foi a mais complexa de ser realizada devido cada técnico demorar um tempo distinto, alguns serem mais detalhistas que outros, ou terem ritmos diferentes de produção de projeto. Entretanto através dos dados históricos de produtividade foi possível verificar a média de produção dos técnicos em quantidade de US e quantidade de notas no mês. Através desses dados se teve a produção média por dia, por semana e foi possível estabelecer uma meta em US mensal de produção conciliando com os prazos de vencimento dos projetos. Portanto esse objetivo foi cumprido, onde foi realizado uma estimativa da meta mensal de projetos para se calibrar este tempo por não se ter a informação de quanto tempo realmente o projetista leva para a elaboração do desenho e orçamento em si do projeto.

O quinto e último objetivo específico tinha-se como a verificação da eficiência dos arranjos de equipes em um estudo de caso real. Após todo o estudo realizado, análise dos dados históricos das notas realizadas nos últimos meses, de média de produção por planos em US padronização dos pesos das notas e triagem prévia de qual a dificuldade da nota este objetivo também foi cumprido. Os técnicos foram organizados em grupos de trabalho e as notas de maior complexidade são direcionadas aos técnicos de maior experiência e grau técnico dentro das suas capacidades de trabalho e vencimentos pré-estabelecidos.

Em suma, todos os objetivos do estudo proposto foram realizados e alcançados, a organização da forma de divisão está bem melhor após este trabalho e isso já está dando resultados na prática atual de divisão mesmo ainda sendo a forma manual sem o auxílio de uma inteligência artificial. Através deste trabalho rendeu-se muitos pontos positivos pois estruturando todos estes dados que eram necessários para treinar a rede neural assim foram padronizados muitos itens e criadas medidas SAP para rastreabilidade destas informações.

Anteriormente isso não existia e como consequência deste trabalho as padronizações por si só já estão causando melhorias no processo. Após toda essa estrutura montada e realizado o treinamento das redes neurais a mesma se mostrou eficiente na divisão das notas direcionadas aos técnicos de nível 1. Estes técnicos representam a maior parte dos projetistas do núcleo e o algoritmo da forma como foi treinado já possibilitaria uma grande vantagem na agilidade da divisão destas notas de forma organizada. O tempo atual de divisão diária da demanda de forma manual pelo planejador é cerca de uma manhã toda de trabalho focada apenas nisso. Com a implantação da inteligência artificial estima-se ser possível realizar esse processo em menos de

uma hora. Entretanto a otimização por redes neurais não foi eficiente para os técnicos de nível 2 e 3.

A rede não conseguiu aprender através dos exemplos que recebeu e errou muito nas notas de divisão que deveriam ser direcionadas a estes técnicos. Isso ocorreu principalmente pela necessidade que a otimização através de RNA tem de necessitar de um grande volume de dados para treinamento da rede. Apesar de ter sido utilizada uma quantidade expressiva de dados no treinamento, ainda não foi suficiente para que a rede conseguisse aprender da melhor forma a divisão destes técnicos de nível mais avançado. De fato, o número de amostras destes técnicos era menor do que o volume de amostras dos técnicos de nível 1.

Como estudos futuros recomenda-se aprofundar a pesquisa em relação aos tempos das atividades. Conseguir alguma forma de extração do software de desenho por exemplo, realizando o rastreamento de que horário o técnico iniciou o projeto no sistema e finalizou. Este seria um grande avanço e auxiliaria muito no sentido de saber o tempo real de trabalho do projetista pois hoje a análise é feita através do horário que o técnico finaliza a nota no sistema SAP, se o projetista tiver terminado o projeto antes e resolver tramitar a nota no sistema apenas no dia seguinte por exemplo não se tem atualmente como saber pois não se tem essa rastreabilidade. Pensar em melhoria nesse sentido seria de extremo auxílio e relevância.

Outros estudos recomendados seriam outras formas de otimização através de algum modelo que não seja a programação por redes neurais. Onde não se torne necessário um grande volume de exemplos e sim se utilize mais de regras de negócio, possivelmente sem a necessidade de intervenção de inteligência artificial, mas sim em um primeiro momento algo mais simples que possibilite depois de um longo prazo deixar os dados estáveis para se realizar um treinamento de alguma programação mais complexa.

REFERÊNCIAS

- AMBRÓSIO, Paulo Eduardo. **Redes neurais artificiais no apoio ao diagnóstico diferencial de lesões intersticiais pulmonares**. Dissertação (Mestrado) –Universidade de São Paulo. USP. Ribeirão Preto. Brasil. 2002. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/59/59135/tde-26102002-155559/publico/Dissertacao.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2021.
- ARENALES, Marcos; ARMENTANO, Vinícius Amaral; MORABITO, Reinaldo; YANASSE, Horacio Hideki. **Pesquisa Operacional para cursos de engenharia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. E-book. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595155770>>. Acesso em: 08 out. 2020.
- BARROS, Márcio de Oliveira. **Gerenciamento de Projetos Baseado em Cenários: uma Abordagem de Modelagem Dinâmica e Simulação**. Tese de doutorado de ciências em engenharia de sistemas e computação. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <<https://www.uniriotec.br/~marcio.barros/Trabalhos/TeseMarcioBarros.PDF>>. Acesso em: 04 nov. 2020.
- BRAGA, Antônio de Pádua; CARVALHO, André Ponce de Leon F. de; LUDERMIR, Teresa Bernarda. **Redes Neurais Artificiais: teorias e aplicações**. 2.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.
- CARNEIRO, Manuela Carla de Albuquerque; GOHR, Claudia Fabiana; SANTOS, Luciano Costa. Evolução de maturidade em gerenciamento de projetos em uma empresa do setor elétrico do estado da Paraíba. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO, XXXIV, 2014. Curitiba. **Anais** [...] Enegep; Curitiba, 2014. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2014_TN_STO_202_145_25315.pdf>. Acesso em: 04 set. 2020.
- CAUCHICK-MIGUEL, Paulo Augusto (coord.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018. E-book. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595153561/>>. Acesso em: 11 set. 2020.
- CEMIG, Companhia Energética de Minas Gerais. **Manual de Distribuição**. Projetos de Redes de Distribuição Aéreas Urbanas. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. 2014. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/ptbr/atendimento/Clientes/Documents/Normas%20T%C3%A9cnicas/nd3_1_000001p.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2020.
- FELICIANO, Inessa Vieira. **Workload Control em um sistema de produção sob encomenda: pesquisa ação em uma empresa do setor metal mecânico da grande Florianópolis**. 2017. 95 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção Elétrica) - Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina. 2017. Disponível em: <https://deps.paginas.ufsc.br/files/2018/09/Inessa_Feliciano.pdf>. Acesso em: 07 set. 2020.

GODINHO FILHO, Moacir; CAMPANINI, Luciano; VITA, Romano Augusto S. Guerra. **A interação MRPII - CPM: estudo de caso e proposta de um sistema híbrido**. São Paulo, 2004. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010365132004000100004&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 27 ago. 2020.

HAYKIN, Simon. **Redes Neurais: Princípios e prática**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

KRAJEWSKI, Lee J.; MALHOTRA, Manoj K.; RITZMAN, Larry P. **Administração de produção e operações**. 11. ed. São Paulo: Pearson Education, 2017. E-book. Disponível em: <<https://plataforma.bvirtual.com.br/Leitor/Publicacao/151470/pdf/509>> Acesso em: 6 nov. 2020.

NAZARETH, Marcos Motta; MELLO, Luiz Carlos Brasil De Brito; CHAKOUR, Paulo Roberto. Estudo comparativo entre PERT/CPM e corrente crítica. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXXV, 2015. Fortaleza. **Anais [...]** Enegep; Fortaleza, 2015. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_213_264_27228.pdf>. Acesso em: 02 set. 2020.

PMI. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos**. Guia PMBOK®. 6. ed. EUA: Project Management Institute, 2017. Disponível em: <<https://dicasliderancagp.com.br/wp-content/uploads/2018/04/Guia-PMBOK-6%C2%AA-Edi%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2020.

SCHORR, Marciana Dal Moro; SILVA, Fausto Pinheiro da; KESTRING, Franciele Buss Frescki; THOMAZ, Diego Venâncio. **Métodos para solucionar um problema de designação de tarefas**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. UTFPR. Medianeira. Brasil. 2015. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/16344/1/MD_DAMAT_II_2015_07.pdf>. Acesso em: 07 set. 2020.

SILVA, Felipe Barreto; AMARAL, Daniel Capaldo. Hibridismo na gestão de projetos: avaliando propostas de combinação das abordagens ágil e tradicional. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXXIV, 2014. Curitiba. **Anais [...]** Enegep; Curitiba, 2014. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2014_TN_STO_202_145_24895.pdf>. Acesso em: 04 set. 2020.

SILVA, Antonio Thiago Benedete da; SPERS, Renata Giovinazzo; WRIGHT, James Terence Coulter. A elaboração de cenários na gestão estratégica das organizações: um estudo bibliográfico. **Revista de Ciências da Administração**, v.14, n.32, p. 21-34, abr., 2012. Disponível em: < <https://periodicos.ufsc.br/index.php/adm/article/view/2175-8077.2012v14n32p21/21698> >. Acesso em: 04 nov. 2020.

SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2018. E-book. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597015386/cfi/6/2!/4/2@0.00:0>> Acesso em: 05 nov. 2020.