



Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT

Número do Processo: BR 10 2021 023109 2

Dados do Depositante (71)

Depositante 1 de 2

Nome ou Razão Social: INSTITUTO GNARUS

Tipo de Pessoa: Pessoa Jurídica

CPF/CNPJ:

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Jurídica: Pessoa Jurídica

Endereço:

Cidade: Itajuba

Estado: MG

CEP:

País: Brasil

Telefone:

Fax:

Email:

Nome ou Razão Social: COMPANHIA ENERGÉTICA SINOP S.A.

Tipo de Pessoa: Pessoa Jurídica

CPF/CNPJ:

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Jurídica: Pessoa Jurídica

Endereço:

Cidade: Sinop

Estado: MT

CEP:

País: BRASIL

Telefone:

Fax:

Email:

Dados do Pedido

Natureza Patente: 10 - Patente de Invenção (PI)

Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54): MÉTODO E SISTEMA DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO USANDO GÊMEO DIGITAL PARA SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO DE PEIXES TIPO ELEVADOR.

Resumo: De acordo com a presente invenção, pertencente à área de geração hidrelétrica, refere-se a um método e sistema usando Gêmeo Digital – GD (35) para a otimização da operação e manutenção de um STP Tipo Elevador (1), via o monitoramento, supervisão, treinamento, gestão de manutenção e simulação de cenários. O sistema usa uma estrutura de comunicação em rede digital em que os CLPs e CLP-IHMs (178) estão ligados a um CLP-Concentrador (109) e seus dados disponibilizados no Banco de Dados (113), no Servidor (111) e na Internet (114); uma estrutura em softwares que constituem o Gêmeo Digital – GD (35) formada pelo Supervisório Web-3D (112), o Sistema de Gestão da Manutenção, SGM-GD (182), o Sistema de Gestão da Manutenção App, SGM-App (183) de aplicação móvel e o Escâner QR (184) que usa realidade aumentada para realizar inspeções com identificações e coletas das características técnicas dos equipamentos dos vários subsistemas.

Figura a publicar: 2

Dados do Inventor (72)

Inventor 1 de 6

Nome: DANILO JOSÉ DE CASTRO JR.

CPF:

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física:

Endereço:

Cidade: São Paulo

Estado: SP

CEP:

País: BRASIL

Telefone:

Fax:

Email:

Inventor 2 de 6

Nome: ERIK LEANDRO BONALDI

CPF:

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física:

Endereço:

Cidade: Itajubá

Estado: MG

CEP:

País: BRASIL

Telefone:

Fax:

Email:

Inventor 3 de 6

Nome: FREDERICO DE OLIVEIRA ASSUNÇÃO

CPF:

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física:

Endereço:

Cidade: Itajubá

Estado: MG

CEP:

País: BRASIL

Telefone:

Fax:

Email:

Inventor 4 de 6

Nome: GERMANO LAMBERT TORRES

CPF:

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física:

Endereço:

Cidade: Itajubá

Estado: MG

CEP:

País: BRASIL

Telefone:

Fax:

Email:

Inventor 5 de 6

Nome: LEVY ELY DE LACERDA DE OLIVEIRA

CPF:

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física:

Endereço:

Cidade: Itajubá

Estado: MG

CEP:

País: BRASIL

Telefone:

Fax:

Email:

Inventor 6 de 6

Nome: YAGO ARAÚJO DOS SANTOS

CPF:

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física:

Endereço:

Cidade: Itajubá

Estado: MG

CEP:

País: BRASIL

Telefone:

Fax:

Email:

Documentos anexados

Tipo Anexo	Nome
Comprovante de pagamento de GRU 200	GRU e Comprovante de pagamento.pdf
Contrato Social	5ª Alteração Estatutária_GNARUS.pdf
Contrato Social	17ª Assembleia Geral_GNARUS.pdf
Contrato Social	Cartão CNPJ Instituto GNARUS.pdf
Contrato Social	AGE 15-05-2017 ESTATUTO CONSOLIDADO SINOP.pdf
Contrato Social	Cartão CNPJ Instituto SINOP.pdf
Documento de Cessão	Documento de Cessão - Danilo.pdf
Documento de Cessão	Documento de Cessão - Erik.pdf
Documento de Cessão	Documento de Cessão - Frederico.pdf
Documento de Cessão	Documento de Cessão - Germano.pdf
Documento de Cessão	Documento de Cessão - Levy.pdf
Documento de Cessão	Documento de Cessão - Yago.pdf
Relatório Descritivo	Relatorio descritivo.pdf
Reivindicação	Reivindicações.pdf
Desenho	Desenhos.pdf
Resumo	Resumo.pdf

Acesso ao Patrimônio Genético

- Declaração Negativa de Acesso - Declaro que o objeto do presente pedido de patente de invenção não foi obtido em decorrência de acesso à amostra de componente do Patrimônio Genético Brasileiro, o acesso foi realizado antes de 30 de junho de 2000, ou não se aplica.

Declaração de veracidade

- Declaro, sob as penas da lei, que todas as informações acima prestadas são completas e verdadeiras.

**“MÉTODO E SISTEMA DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO
USANDO GÊMEO DIGITAL PARA SISTEMA DE
TRANSPOSIÇÃO DE PEIXES TIPO ELEVADOR”**

Campo da Invenção.

[001] A presente patente de invenção, pertencente à área de geração hidrelétrica, refere-se a um método e sistema usando gêmeo digital para a operação, manutenção, simulação e supervisão de Sistemas de Transposição de Peixes - STP tipo elevador.

[002] O Gêmeo Digital - GD (do inglês “Digital Twins”) é uma cópia virtual, em um software, de um objeto real. Seu uso na reprodução de um STP tipo elevador possibilita que a operação e manutenção seja otimizada, via o monitoramento, supervisão, treinamento e simulação de cenários de operação, de modo a se obter a síntese das operações ótimas para que os peixes vençam as obstruções causadas pelas barragens das Usinas Hidrelétricas – UHEs nos leitos fluviais, e possa garantir as condições necessárias de qualidade da água e a migração reprodutiva e trófica dos mesmos.

Campo da Aplicação.

[003] O aumento das regulações e políticas sustentáveis vem exigindo de grandes empreendimentos modificações em suas instalações. Nas Usinas Hidrelétricas – UHEs, existe a preocupação com a transposição dos peixes, devido à necessidade de preservar a fauna íctica da região. Se não houver processos efetivos por parte das UHEs em respeito às regras previstas, os resultados são desastrosos ao meio ambiente,

à comunidade, como também ao empreendimento. A alta mortalidade de peixes leva à insatisfação da população, principalmente de pescadores, podendo acarretar até mesmo na interrupção do processo de geração de energia pelos órgãos fiscalizadores até a resolução do problema. Nesta situação, a empresa é responsabilizada e a inadimplência, na maioria das vezes, é convertida em multas altíssimas.

[004] Existem diversos tipos de Sistemas de Transposição de Peixes - STPs: escadas, eclusas, elevadores, híbridos e outros alternativos; seus usos em todo mundo estão consolidados, sendo indiscutível suas adoções nos projetos fluviais que envolvem a sobrevivência dos peixes.

[005] Localizado a jusante da barragem, a função principal de um STP elevador é prover o fluxo de água com velocidade constante e estável, para realizar a atração dos peixes para o interior da estrutura de captura. Este mecanismo tem como objetivo simular as condições do fluxo de água do rio, visto que houve interrupção de seu curso natural devido à implantação da UHE.

[006] Um STP elevador basicamente é composto de sistema de bombeamento, canal de entrada, carro empurrador, elevador de peixes, tanque para seleção das espécies, comportas de regulação, comporta mitra, centrais hidráulicas e painéis elétricos de controle. Para operá-lo, o nível de sensoriamento e instrumentação é direcionado para o controle das comportas e das bombas dos canais de bombeamento, que são utilizadas na manutenção das condições favoráveis para atração dos peixes.

Para auxiliar o monitoramento, controle e comando dos equipamentos pelos operadores, normalmente possuem CLPs - Controles Lógicos Programáveis, medidores, sensores e atuadores conectados.

[007] O STP elevador é um sistema complexo. Ele possui uma variedade grande de equipamentos que devem operar em harmonia para que o processo de transposição de peixes, de jusante para montante da barragem, ocorra corretamente. Um dos problemas enfrentados pelo sistema é dimensionar a eficiência do processo em sua totalidade, compreendendo desde a atração dos peixes até a identificação, seleção e registro das espécies presentes no ecossistema local. Em outro aspecto, a questão das demandas e procedimentos de manutenção dos equipamentos em uso também é um problema, pois administrar todos os equipamentos, monitorar as variáveis inerentes a cada um, bem como corrigir um defeito ocasional são tarefas árduas. Muitas vezes, o STP elevador não está em operação devido às contingências ou interrupções, mas também pelas configurações de operação que afetam diretamente o rendimento do sistema.

[008] Neste sentido, é que o método descrito na presente patente, baseado em um gêmeo digital para os STPs elevadores é uma solução para a melhoria da eficiência operacional destes. O método é suficiente para suprir tanto as necessidades de monitoramento, supervisão, otimização, treinamento, manutenção, como também para simulações de diferentes cenários de operação de forma desligado, a fim de se obter os melhores critérios de operação. Além disso, é uma

tecnologia que coleta os dados dos sensoriamentos, atuadores e equipamentos mais importantes para o seu funcionamento, gravando-os em históricos no Banco de Dados – BD. Os eventos de transposição também são registrados em tempo quase real pela ferramenta, de forma a auxiliar nos procedimentos de manutenção do sistema.

Descrição do Estado da Técnica.

[009] A Indústria 4.0, como uma revolução industrial, tem a finalidade de promover modificações comportamentais no modo e método em que empresas, negócios e pessoas entendem e manipulam os benefícios tecnológicos herdados da terceira revolução tecnológica. Ela também é capaz de unir, integrar e virtualizar continuamente os sistemas, as pessoas, os processos e os ambientes uns com os outros, sendo responsável por esta transição entre o mundo real e o virtual (RÜTTIMANN e STOCKLI, 2016). No setor elétrico essa nova era traz abordagens que vem aprimorando seus processos de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.

[010] O conceito da Indústria 4.0 possui como principais pilares: o Big Data, a Internet das Coisas (IoT), a Tecnologia de Nuvem e os Sistemas Ciber-Físicos. A tecnologia do Big Data, segundo Qi e Tao (2018), está relacionada às técnicas de organização, processamento e análise de uma grande quantidade e variedade de dados brutos, estruturados ou não, para direcionar e auxiliar as tomadas de decisões. A Internet das Coisas (do inglês, “Internet of Things – IoT”) tem como principal objetivo estabelecer conexões. Estas conexões ocorrem entre

objetos físicos presentes no meio industrial com uma rede de internet onipresente, permitindo a obtenção e intercâmbio contínuo de informações entre o mundo real e o virtual. A Tecnologia de Nuvem está relacionada ao compartilhamento, alocação e obtenção dos dados através de redes e servidores, aumentando a confiabilidade das informações, auxiliando na tomada de decisão e na eficiência dos processos. Para Mueller, Chen e Riedel (2017), os Sistemas Ciber-Físicos (do inglês “Cyber Physical System – CPS”) tem a finalidade de relacionar sistemas físicos a virtuais, por meio de uma rede local ou global, com maior autonomia e inteligência. Os CPSs atuam como um meio de vincular o mundo físico, através de sensores, atuadores, dispositivos móveis, máquinas e outros, a um mundo virtual de forma a espelhar o comportamento do mundo real ao âmbito virtual em tempo real. Os CPSs estão relacionados à virtualização dos sistemas reais, bem como os processos, através de uma emulação ou cópia digital inteligente (ZHONG et al., 2017; XU, XU e LI, 2018). A Realidade Aumentada - RA (do inglês “Augmented Reality”) permite a integração precisa do âmbito virtual com o mundo real, com o que existe e vivenciamos. Essa tecnologia permite a melhora de áreas e negócios reconhecidos como: tempo operacional, auxílio dinâmico e contextual, rastreabilidade em tempo real, etc. A RA compõe uma parte dos CPSs, como também os robôs autônomos, simulações, integração de sistemas, ciber-segurança e manufatura aditiva; dentro do contexto de realidade aumentada existe também a técnica chamada Gêmeo Digital - GD.

[011] Os Gêmeos Digitais - GDs vêm da ideia dos CPSs e são cópias virtuais para representar os sistemas físicos reais. Estes são atualizados por dados reais, obtidos automaticamente, visando a melhora dos processos, maior autonomia às instruções e obtenção de respostas (VACHÁLEK et al., 2017; KUNATH e WINKLER, 2018). Essa ferramenta utiliza dados reais coletados de maneira automática para espelhar os comportamentos físicos de modo virtual. É ultrarrealista, traz uma realidade virtual, mas também pode representar um ou mais sistemas físicos, visando principalmente avaliar e recomendar mudanças para tais sistemas a fim de otimizá-los (SHAFTO et al., 2010). Os gêmeos digitais nasceram no cenário espacial, mas atualmente, vêm sendo adotados no contexto industrial, como exemplo o "Iron Bird", que foi montado em uma bancada de teste para simular um modelo de avião virtual (DENTI et al., 2014; BALS et al., 2005; LI et al., 2016) e outros diferentes GDs emergentes da nova tecnologia da NASA (GLAESSGEN e STARGEL, 2012; SHAFTO et al., 2012; ROSEN et al., 2017). Em paralelo com as pesquisas no âmbito aeroespacial, a primeira pesquisa em GD no setor industrial foi lançada por Lee et al. (2013). Negri et al. (2017) apresentou em seu trabalho 16 definições de gêmeos digitais para a literatura entre 2012-2016, o objetivo do estudo foi determinar uma única e relevante definição para GD no contexto industrial. Os estudos de Negri et al. (2017) afirmam que os Gêmeos Digitais são concebidos como um equivalente virtual de um sistema físico, cujo objetivo é simular o processo para vários propósitos, enquanto o tempo real de sincronização dos dados reais é

garantido. Graças aos estudos de outras tecnologias da Indústria 4.0. Kritzinger et al. (2018) definiram os GDs como um espelhamento virtual do processo ou sistema, construídos com algoritmos capazes de avaliar e orientar as decisões de acordo com o seu comportamento. Tao et al. (2018) também concordam com essa linha de raciocínio

[012] O gêmeo digital é capaz de proporcionar a otimização de um sistema, auxiliando a tomada de decisão, em cooperação com o homem, máquinas, sensores, atuadores dentre outros recursos, via o monitoramento dos processos reais. Tao et al. (2018), de maneira simplificada, definem as partes principais da composição do gêmeo digital: uma parte é o sistema físico a ser representado, os sistemas virtuais responsáveis pelo espelhamento fiel e detalhado e o sincronismo entre ambos os sistemas; a outra parte é virtual, que não é responsável apenas por armazenar e representar a parte física, como também tem a função de promover a otimização e a predição para a mesma.

[013] Rodič (2017), mais detalhadamente, define os conceitos de Sombra Digital (do inglês, “Digital Shadow”) e Controlador Digital (do inglês “Digital Master”). O primeiro refere-se a coleta estruturada dos dados do sistema real, facilitando a tomada de decisão; com isso, surge a necessidade da conexão do sistema real com o virtual, transferindo as informações principais e deste modo, aparece o Controlador Digital. Este é uma interface, que está baseada nas informações estruturadas na Sombra Digital, que utiliza algoritmos, modelos de simulação e otimização para consolidação do espelhamento

inteligente do sistema real. Portanto, o gêmeo digital é uma junção entre Sombra Digital e Controlador Digital (STARK, KIND e NEUMEYER, 2017; RODIČ, 2017), sendo toda essa estrutura originada do CPS.

[014] As revisões conceituais dos diversos autores mencionados mostram um consenso na definição e importância dessa poderosa ferramenta que são os Gêmeos Digitais - GDs. Reforçando ainda mais o conceito, é visto que eles se referem às representações idênticas da realidade, com objetivo de proporcionar e possibilitar a otimização de decisões e respostas.

[015] Atualmente, os GDs são utilizados nas seguintes situações: i) Sistema autônomo, capaz de conduzir um processo de maneira automática e independente, mas também promover a otimização e previsão ao sistema ao longo de sua atuação; ii) Treinamento aos operadores devido a sua capacidade de simulação, pois permite executar comandos virtuais que não serão válidos ao ambiente físico, e as ações validadas apenas quando forem desejadas; iii) Auxiliar a operação e manutenção, pois define e expõe as partes de interesse mais importantes para o sistema, produto ou processo; e iv) Monitoramento da condição atual e futura do sistema, produto ou processo.

[016] Nos STPs elevadores atualmente em uso, os controles das comportas e das bombas dos canais de bombeamento são realizados de forma manual e semiautomática. Essa característica é acompanhada de modo visual pelos operadores, que verificam as ocorrências na planta em função de cada controle realizado e em seguida fazem redefinições e/ou

acionam a próxima operação do processo. Como as atuações sobre os equipamentos são dependentes de operadores, os reconhecimentos dos efeitos desejados são visuais e como o número de equipamentos existentes na planta são significativos, a tarefa é exaustiva e improdutiva.

[017] Visando a melhoria e confiabilidade operacional dos STPs elevadores, e com o advento das técnicas do Gêmeo Digital – GD e de Realidade Aumentada - RA atualmente disponibilizadas, o método descrito na presente patente de invenção vem ao encontro de uma nova sistemática de monitoramento e supervisão, com base em informações oriundas dos sensoriamentos, medições e informações históricas contidas no Banco de Dados, de forma a promover treinamentos e simulações que busquem a melhoria da operação e da manutenção dos STPs elevadores em função de variáveis que se modificam ao longo do ano, maximizando suas eficiências.

[018] Em pesquisa no banco de patentes do Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI foram encontrados os seguintes processos no campo técnico dessa patente: a patente PI0303625-1 que descreve um procedimento operativo que transforma o circuito de passagem de água da turbina de uma UHE em um canal de transposição para os peixes, via um fluxo permanente com velocidade regulada que é atrativo aos cardumes, proporcionando economia para as UHEs, pois dispensa a construção de um sistema convencional de transposição, escada ou elevador de peixes; a patente BR112020025969-1 que descreve um método para criar, com base no conhecimento do

produto provido, um objeto de software que funciona como um gêmeo digital de um produto técnico em que, o conhecimento do produto está disponível em uma forma processável automaticamente e compreende variantes do objeto, registros de dados com informações para diferentes variantes de pelo menos um componente do produto, em que as variantes do objeto são atribuídas a uma classificação que funciona como um identificador único, em que os dados geométricos e os dados posicionais são atribuídos às variantes do objeto em cada caso, em que cada variante do objeto corresponde a um código de artigo predeterminado ou pre-determinável e processada como pertencente ao gêmeo digital; e a patente BR112020014359-6 que descreve um método para determinar os estados operacionais de um ventilador usando uma imagem digital do ventilador com base em suas condições físicas (gêmeo digital) e pelo menos um algoritmo específico para os parâmetros operacionais, compreendendo as seguintes etapas do método: criar a imagem digital do ventilador real pela reprodução de suas propriedades, usando modelos de cálculo matemático e possivelmente dados conhecidos, criar pelo menos um algoritmo específico de parâmetro operacional levando em consideração correlações, características, etc., calcular estados componentes do ventilador via imagem digital usando sensores virtuais, transferir os estados do componente para o algoritmo, que calcula os parâmetros operacionais do ventilador a partir dos estados dos componentes e, se necessário, fornece prognóstico relacionados à operação do ventilador.

[019] No banco de patentes dos Estados Unidos da América foram encontrados os seguintes processos relacionados ao campo técnico da presente patente: a patente US10,999,293 que descreve um método para um produto de programa de computador associado a uma unidade de produção e para um arranjo visando examinar a consistência entre os dados de referência do objeto de produção e os dados de um gêmeo digital do objeto de produção; a patente US10,922,826 que descreve um sistema e método para operar um sistema de monitoramento que incorpora um gêmeo digital, onde uma ou mais imagens capturadas por um aparelho de imagem podem ser usadas para definir uma primeira porção de uma área vigiada como uma zona de interesse primário e uma segunda porção da área vigiada como uma zona secundária de interesse podendo ser utilizado para focar principalmente na zona de interesse primário, de forma a determinar um padrão de movimento de um ou mais objetos na zona de interesse primária; a patente US10,860,011 em que o sistema GD recebe sinais de série temporal de sensores enquanto o ativo está operando, em seguida, o sistema obtém parâmetros ambientais em tempo real para um ambiente no qual o ativo está operando, seleciona um modelo inferencial específico do ambiente para o ativo com base nos parâmetros ambientais medidos, um modelo inferencial específico do ambiente para treinamento do sistema enquanto opera em tempo real nos parâmetros ambientais medidos, e em seguida o sistema usa o modelo inferencial específico do ambiente para gerar valores estimados para os sinais de série temporal e realiza a operação de

diferenciação de pares entre os valores reais e os valores estimados para os sinais da séries temporais recebidos; e a patente US10,854,194 que descreve uma ou mais mídias legíveis por computador não transitórias que contêm instruções de programa que, quando executadas, fazem com que um ou mais processadores: recebam os primeiros dados brutos incluindo um ou mais primeiros pontos de dados gerados por um primeiro objeto de uma pluralidade de objetos associados a um ou mais edifícios, gera a primeira série temporal de entrada de acordo com um ou mais pontos dos dados, acessa um banco de dados de entidades inteligentes interconectadas incluindo entidades de objeto que representam cada um da pluralidade de objetos e entidades de dados que representam os dados armazenados, as entidades inteligentes são interconectadas por objetos relacionais indicando relacionamentos entre elas.

Apresentação dos Problemas do Estado da Técnica.

[020] O procedimento descrito na patente PI0303625-1 que utiliza como passagem ao cardume de peixes a água da turbina de uma UHE, embora apresente inovação e economia nas construções das UHEs possui limitações de seu uso em função dos desníveis, comprimento dos dutos que alimentam as turbinas e das necessárias paradas das turbinas para a geração de energia elétrica.

[021] Os métodos e sistemas usando gêmeos digitais descritos nas patentes nacionais BR112020025969-1 e BR112020014359-6 e nas norte-americanas US10,999,293, US10,922,826, US10,860,011 e US10,854,194 não abordam a

supervisão em tempo real de uma planta complexa como dos STPs elevadores visando à melhoria da operação e otimização, e nenhuma delas aborda o GD sendo utilizado para treinamento dos operadores.

[022] Nenhum dos achados no estado da técnica atual emprega o uso do Gêmeo Digital – GD em um STP tipo elevador para fazer o monitoramento, supervisão e otimização da operação e manutenção, treinamento e simulação de cenários de forma a automatizá-lo e aumentar sua eficiência.

Objetivos da Invenção

[023] Tendo em vista os aspectos e os problemas apresentados nos processos existentes e no estado da arte atual, e no propósito de superá-los, é que na presente patente de invenção foi desenvolvido um novo e inédito método dentro da filosofia da indústria 4.0 usando gêmeo digital, acessos via Web e realidade aumentada para a operação de Sistemas de Transposição de Peixes - STPs tipo elevador com oito objetivos: i) Construir um gêmeo digital que espelhe de forma fiel as operações dos equipamentos do STP; ii) Automatizar, monitorar e controlar de forma automática as operações e manutenções (O&M) do STP elevador via a planta espelhada no gêmeo digital; iii) Criar o sensoriamento de grandezas complementares essenciais e não disponíveis nos STPs elevadores de forma a aumentar a atratividade dos cardumes; iv) Realizar medições para avaliação da quantidade de peixes a serem transladados e a qualidade das águas no STP; v) Gerar telas sinóticas em um Supervisório Web-3D com as informações coletadas e

processadas e disponibilizá-las aos operadores do STP elevador; vi) Disponibilizar treinamentos dos operadores na planta virtual do STP elevador; vii) Realizar simulações com o STP elevador desligado de forma a obter os melhores fluxos de águas nos canais e maior atratividade dos cardumes de peixes - maior eficiência operacional do STP elevador; e viii) Uso da realidade aumentada para inspeção e manutenção em campo, para captura dos códigos de barras bidimensionais – Códigos QR (do inglês “Quick Response”) e imagens dos equipamentos.

Sumário da Invenção – Funcionalidades.

[024] Para que o método possa fazer a operação, treinamento, simulação, inspeção e manutenção dos Sistemas de Transposição de Peixes – STPs tipo elevador utilizado em Usinas Hidrelétricas – UHEs, esse foi idealizado com os seguintes módulos:

- Supervisório Web-3D com representação realística de todos os equipamentos do STP elevador, capaz de realizar animações, com otimização do nível de sensoriamento, medição dos índices de qualidade da água, verificar as condições de atratividade e contagem de peixes, monitorar as bombas submersíveis, as comportas, as centrais hidráulicas e o elevador de peixes;
- Sistema de Gestão da Manutenção, SGM-GD para operação via Web, para acompanhar o STP elevador de forma a planejar, criar e acompanhar todas as ações de manutenção de cada equipamento e de forma mais geral os planos de manutenção;
- Sistema de Gestão da Manutenção App, SGM-App de aplicação móvel de forma a complementar o Supervisório Web-3D e o

SGM-GD, em ambiente Android para uso em celular ou tablet; se conecta ao SGM-GD através de uma intranet ou internet, acompanhando as manutenções e identificando e registrando equipamentos e suas ocorrências;

- Banco de Dados (MySQL) em código aberto para coleta automatizada e armazenamento dos dados de manutenção e operação do STP, de forma a disponibilizar históricos; e

- Modelos de Simulação, que são modelos matemáticos de simulação, tipos dinâmicos, onde poderão ser observadas visualmente as situações de reação dos equipamentos e as variáveis dos processos dinamicamente e ainda programar, controlar e realizar as atividades de manutenção com critério, agenda e registros online com os sistemas de gestão, além de manter históricos auditáveis das intervenções virtuais.

Originalidades e Vantagens da Invenção

[025] A principal originalidade do método descrito nesta patente é o uso das técnicas combinadas do Gêmeo Digital - GD, comunicação Via Web e Realidade Aumentada - RA da revolução denominada Industria 4.0 para automatizar, monitorar, supervisionar, manter, treinar e simular as condições operacionais dos STPs elevadores, de modo a otimizar as manutenções e operações e obter maior eficiência na atratividade dos cardumes e das quantidades de peixes transladados a montantes das barragens das UHEs.

[026] As principais vantagens do uso do novo e inédito método nos STPs elevadores das UHEs são:

- Aumento da eficiência dos STPs elevadores para a migração dos

peixes nas UHEs;

- Otimização dos processos de aberturas/fechamentos das comportas e acionamento das bombas nos canais de bombeamento dos STPs elevadores;
- Redução de custos oriundos de mãos de obra dos operadores para a manutenção e operação dos STPs;
- Redução do consumo de energia elétrica nos acionamentos das comportas e bombas pela otimização do processo;
- Redução do risco de penalidades por parte dos órgãos fiscalizadores ambientais; e
- Aumento da confiabilidade da operação dos STPs.

Descrição Detalhada das Técnicas Utilizadas.

[027] É incoerente implementar a tecnologia do Gêmeo Digital – GD sem abordar os demais pilares que possibilitam a sua implementação como a simulação, integração de sistemas, robôs autônomos, manufatura aditiva, segurança da informação, realidade aumentada e computação em nuvem. De modo geral, os GDs são uma mistura destes pilares e para serem implementados devem possuir um modelo virtual que represente de maneira fiel o seu respectivo sistema físico. Se o objetivo é reproduzir uma cópia daquilo que é real, observa-se que é extremamente necessário um bom nível de instrumentação para que os sensores correspondam à aquisição de dados e os atuadores realizem de maneira precisa os comandos solicitados. Visando ao correto funcionamento dos GDs, em concordância com a sua arquitetura, é interessante que exista uma comunicação bidirecional entre os ambientes físico e virtual. De modo que quaisquer modificações,

tanto no ambiente real quanto no ambiente virtual, sejam reconhecidas por ambos.

[028] Para a implementação do GD é necessário identificar e selecionar as entidades principais que representam de maneira fidedigna a realidade, incrementar o nível de instrumentação necessária para posteriormente realizar a conexão entre o ambiente virtual e real e, por fim, executar simulações de cenários para buscar as condições ótimas de operação do STP elevador. A seguir são descritas as partes do GD descrito nesta patente.

[029] Arquitetura – a base do GD é formada por três partes imprescindíveis: o modelo virtual, o modelo real e a metodologia de comunicação entre os modelos. Existem duas esferas do modelo virtual, a primeira corresponde à simulação dinâmica convencional que está relacionada à avaliação, testes, monitoramento, configurações e verificação do comportamento das variáveis de controle. Neste caso, o objetivo é entender a viabilidade de reproduzir aquilo que foi simulado computacionalmente para o mundo real. A outra vertente do modelo virtual está relacionada ao que será visualizado, em outras palavras, é a interface entre usuário e máquina, que, para atender a perspectiva e expectativas de um GD, vem sendo implementada por meio de Desenho Assistido por Computador - CAD (do inglês, “Computer Aided Design – CAD”) em três dimensões (3D). A elaboração da plataforma 3D exige alto nível de detalhamento, pois é necessário que este ambiente seja uma réplica fiel do sistema real.

[030] Inicialmente faz-se uma triagem para identificar quais são os dispositivos e equipamentos mais importantes para o processo, a instrumentação relacionada existente, e se necessário substituir por aparelhos mais inteligentes, visando a obter o modelo mais simples, com mais opções de comunicação e integração disponíveis e/ou complementar com medições as grandezas necessárias para o monitoramento de todo o processo.

[031] A metodologia de comunicação e integração entre o sistema real e o virtual pode ser estabelecida por diversos dispositivos disponíveis no mercado. Ainda muito utilizados no âmbito da automação, os CLPs - Controladores Lógicos Programáveis são responsáveis por receber as informações do nível de instrumentação e gravá-las no Banco de Dados - BD, que por sua vez irá alimentar o ambiente virtual 3D – Supervisório Web-3D em tempo quase real. Esta conectividade entre os dados gravados em nuvem e o BD exige Interfaces de Programações de Aplicações - APIs (do inglês “Application Programming Interface - API”). As APIs são rotinas ou códigos criados para interligar linguagens de programação diferentes. Elas são muito utilizadas para que haja entendimento entre os diferentes dispositivos em rede. Quando existe um modelo real, é muito provável que ele demandará otimizações. Entretanto não é uma tarefa muito simples de se realizar se não houver a disponibilidade de dados históricos operacionais e documentação. Nesta situação, a melhoria estará baseada na simulação de cenários imagináveis ou intuitivos de operação, reconhecendo a possibilidade relativamente alta de obter

respostas insuficientes e imprecisas para o sistema.

[032] Ao longo do tempo, com o Supervisório Web-3D alimentado e em funcionamento, é mais plausível buscar a simulação de cenários mais confiáveis, visto que nesta situação haverá uma análise dos dados, os quais são capturados pelos CLPs durante certo período de funcionamento. As melhorias mais confiáveis e transformadoras são obtidas com base na ciência dos dados disponíveis, onde são aplicados conceitos de Aprendizagem de Máquina - ML (do inglês “Machine Learning – ML”) e Aprendizagem Profunda - DL (do inglês “Deep Learning – DL”). Neste seguimento, utilizam-se algoritmos de regressão, previsão, correlações, algoritmos genéticos, simulação Monte Carlo, redes neurais e outros recursos capazes de auxiliar na predição de comportamentos e condições ótimas de operação.

[033] Software de Simulação Dinâmica - uma etapa importante no GD é reproduzir os modelos de simulação dos equipamentos mais importantes do STP elevador, para isso é utilizado o software de simulação dinâmica Wolfram SystemModeler, sua utilização se dá por ser uma interface de comunicação flexível, linguagem de programação de alto nível, recursos de simulação via diagrama de blocos, variedade de bibliotecas e modelos já testados e consolidados.

[034] Linguagem Modelica - é a linguagem para modelar sistemas dinâmicos. Ela é baseada em equações e orientada a objetos que permitem a criação de componentes e a visualização gráfica dos resultados de simulação dos modelos desenvolvidos; possui Código Aberto (do inglês “Open Source”)

e foi criada por uma organização sem fins lucrativos denominada Modelica Association; possui uma biblioteca de componentes básicos, padrão e de código aberto que possibilita ao usuário o desenvolvimento de modelos simples relacionados a sistemas elétricos, mecânicos, eletromecânicos, térmicos, hidráulicos e outros. Outro recurso de seu uso é a possibilidade de criação de outros componentes ou modelos a partir daqueles que já existem, pois, cada o STP elevador possui peculiaridades que deverão ser implementadas. O ambiente de programação Omedit utilizado se baseia na linguagem Modelica.

[035] Interface FMI – o Modelo de Interface Funcional - FMI (do inglês “Funcional Mock-up Interface”) é muito usado para exportação de modelos e co-simulação de modelos dinâmicos, seu uso se deve a independência e liberdade por ele proporcionado aos processos de simulação. Os modelos são exportados como arquivos FMUs, que são Unidades de Modelos Funcionais (do inglês “Funcional Mock-up Units – FMU”) que podem ser exportados por dois métodos: intercâmbio ou troca de modelos (do inglês “Model Exchange”) e co-simulação (do inglês “Co-Simulation”). O primeiro método de exportação permite que a compilação ou integração seja responsabilidade da plataforma a qual o FMU foi importado, ou seja, o “solver” não acompanha o conteúdo do arquivo FMU. Já o método de co-simulação traz consigo o “solver” de integração da plataforma de origem do modelo dinâmico. Os arquivos FMUs podem ser compilados na maioria dos ambientes de simulação que os produzem, mas também podem ser simulados usando linguagem de código C.

[036] Wolfram SystemModeler – usado é um ambiente de simulação e modelagem de última geração, intuitivo, flexível e destinado a sistemas ciber-físicos. Ele permite a modelagem de caráter industrial, multidomínios ou sistemas complexos. A biblioteca padrão disponibilizada pela associação Modelica é integrada ao ambiente, permitindo a utilização de componentes prontos (biblioteca de hidráulica) e auxiliando o desenvolvimento de novos. O SytemModeler possui a interface FMI que permite a geração de arquivos FMUs, possibilitando a integração e comunicação de ambientes de simulação, com o Python; outra característica deste software é que pode ser integrado ao software Mathematica que traz inúmeras técnicas atuais de inteligência artificial como algoritmos de reconhecimento de imagens, otimização, estimação e predição. O ambiente é fundamentado na linguagem Wolfram, que é uma linguagem de programação simbólica e intuitiva. Com ela a plataforma de modelagem tornou-se completamente integrada para analisar, compreender e rapidamente iterar designs de sistemas, bem como impulsionar a inovação, a visualização dos modelos e a obtenção dos resultados desejados.

[037] Instrumentação – o nível de instrumentação é composto por medidores, sensores, controladores e atuadores. A construção de uma malha de controle com realimentação depende diretamente da qualidade do nível de instrumentação. Os medidores e sensores são responsáveis por capturar as variáveis que devem ser monitoradas, estas então, são registradas e analisadas por CLPs que repassam aos atuadores os comandos

para ajustar, modificar e aprimorar o sistema, visando à minimização dos erros entre o que é esperado e o obtido.

[038] O STP elevador é um sistema com muitos equipamentos, portanto, possui diversos subsistemas que funcionam paralelamente e em uma sequência definida para realizar o processo de transposição, existe vários CLPs responsáveis por coletar as informações dos equipamentos.

[039] Além dos medidores e sensores conectados aos CLPs dos subsistemas existentes, foram adicionados ao STP elevador descrito nesta patente, outros sensores para otimizar o nível de instrumentação e capturar índices relativos à qualidade das águas e ao processo de contagem dos peixes coletados.

[040] Modelos de Simulação – pôr os STPs serem sistemas grandes, complexos, com diversos subsistemas e equipamentos, e cada um possuir sua função específica, no GD descrito nesta patente o STP elevador é representado pelo sistema central e os agrupamentos de equipamentos que o compõe pelos subsistemas.

[041] Na criação dos modelos dinâmicos no SystemModeler houve a preocupação em representar a dinâmica de cada componente. Para isso, foram utilizadas as bibliotecas existentes, mas também outras que foram adicionadas para auxiliar na composição do GD. Como o STP elevador é um sistema específico, não existem bibliotecas ou componentes característicos para representar de maneira fiel o que é desejado. Então, é necessário modelar subsistema por subsistema, visando a reconstruir todos os modelos de simulação do STP elevador. A

partir da interligação dos subsistemas virtuais origina-se então o STP elevador-GD, que além dos blocos e sub-blocos representados, existem também os blocos do nível de sensoriamento. Estes estão dentro de cada subsistema, recolhendo as medidas relevantes de cada um, como, por exemplo, os índices da qualidade da água, níveis dos canais de entrada e de bombeamento, velocidade de atração, temperatura, umidade e rotação das bombas, entre outros. Os sinais obtidos são coletados pelo CLP correspondente de cada subsistema, e em sequência, repassam o conjunto de variáveis lidas ao banco de dados do sistema. E por fim, o monitoramento destas variáveis é disponibilizado no Supervisório Web-3D do STP elevador e/ou no aplicativo SGM-App.

Descrição Resumida das Figuras.

[042] O novo “Método e Sistema de Operação Usando Gêmeo Digital para Sistema de Transposição de Peixes tipo Elevador” é ilustrado a título de exemplo, e não limitado através das figuras anexas, nas quais.

[043] A Figura 1 mostra onde o Sistema de Transposição de Peixes - STP tipo elevador é normalmente instalado.

[044] A Figura 2 mostra de modo simplificado o STP tipo elevador.

[045] A Figura 3 mostra o diagrama de blocos das partes que compõe o STP tipo elevador.

[046] A Figura 4 mostra a arquitetura modular para uma implementação de um Gêmeo Digital – GD.

[047] A Figura 5 apresenta um fluxograma resumido da metodologia de implementação de um Gêmeo Digital – GD.

[048] A Figura 6 apresenta os elementos e subsistemas modelados no STP tipo elevador.

[049] Na Figura 7, pode-se visualizar a estrutura de rede implementada no STP tipo elevador usando o Gêmeo Digital – GD.

[050] A Figura 8 mostra os componentes do subsistema da comporta de fundo.

[051] A Figura 9 mostra os componentes do subsistema da comporta de superfície.

[052] A Figura 10 mostra os componentes do subsistema da comporta mitra.

[053] A Figura 11 mostra os componentes do subsistema do carro empurrador.

[054] A Figura 12 mostra os componentes do subsistema da grade confinadora.

[055] A Figura 13 mostra os componentes do subsistema da grade móvel.

[056] A Figura 14 mostra os componentes do subsistema do elevador.

[057] A Figura 15 mostra os componentes do subsistema dos canais de bombeamento, composto pelos subsistemas bombas submersíveis, comportas vagão e a ponte rolante.

[058] A Figura 16 mostra a estrutura de softwares usada no STP tipo elevador utilizando um Gêmeo Digital – GD.

[059] Na Figura 17 pode-se visualizar as telas sinóticas do Supervisório Web-3D.

[060] Na Figura 18 pode-se visualizar as telas sinóticas do Sistema de Gestão da Manutenção, SGM-GD.

[061] Na Figura 19 pode-se visualizar as telas sinóticas do Sistema de Gestão da Manutenção, SGM-App.

[062] Na Figura 20 pode-se visualizar os blocos de um Modelo Exemplo – Comporta de Fundo implementado para uso em simulações.

[063] A Figura 21 mostra os gráficos resultantes da simulação do Modelo Exemplo – Comporta de Fundo.

Descrição das Figuras em Detalhes.

[064] Esta seção apresenta detalhes do método e sistema do uso do gêmeo digital no Sistema de Transposição de Peixes tipo elevador descrito na presente invenção, referenciando-se às figuras relacionadas na seção anterior. As descrições a seguir referem-se aos elementos em reprodução fiel em software (gêmeo digital) do STP tipo elevador real (físico).

[065] A Figura 1 mostra que o Sistema de Transposição de Peixes – STP Tipo Elevador (1) normalmente é instalado próximo à Margem (3) nas Águas a Jusante (5) da Usina Hidrelétrica - UHE (2).

[066] As Águas a Montante (4) se movimentam em direção a UHE (2) no sentido da Seta (6) devido ao gradiente hidráulico proporcionado pela queda de nível. Os peixes nas Águas a Jusante (6) nadam em sentido contrário vencendo obstruções para realizarem a migração reprodutiva ou trófica. A

barragem da UHE (2), no entanto, é um obstáculo intransponível, fato que motiva a necessidade da instalação de um STP.

[067] Os STPs Tipo Elevadores (1), basicamente, possuem canais por onde os peixes entram atraídos pelo movimento das águas proporcionado pelas bombas submersíveis que as movimentam, em sentido contrário ao das Águas a Jusante (5) em condições controladas no que se refere à vazão, os desníveis, as linhas de fluxo e a geometria da estrutura, de modo a atender as necessidades intrínsecas dos peixes, e sem causar cansaços excessivos. No final dos canais, existe a gaiola onde os cardumes são coletados e através do elevador ela é suspensa de modo a transferir os peixes coletados para um caminhão que os transportam para montante da UHE (2) para que continuem suas migrações.

[068] A Figura 2 mostra de modo simplificado o STP Tipo Elevador (1). Atraídos pelo movimento contrário das Águas a Jusante (5) no interior do Canal (7), proporcionado pelas Bombas Submersíveis (11), os peixes adentram na estrutura do STP Tipo Elevador (1) e, quando estão no seu interior, a Comporta (8) se fecha, o Carro Empurrador (9) empurra os peixes para o interior da Gaiola (10) que posteriormente se fecha prendendo-os. Posteriormente, a Gaiola (10) sobe pelo Elevador (12) até sua parte superior, quando é transladada pelo Guincho (13) até o Tanque de Seleção de Peixes (14), neste os peixes que não devem subir o rio são retirados e devolvidos às Águas a Jusante (5). Os peixes do Tanque de Seleção de Espécies (14) são transferidos para o Tanque do Caminhão (16); em seguida o

Caminhão (15) despeja os peixes coletados nas Águas a Montante (4) para que os peixes continuem sua migração e possam se reproduzir.

[069] A Figura 3 mostra o diagrama de blocos do STP Tipo Elevador (1). A Comporta de Fundo (17) é uma comporta existente no início do Canal de Entrada (18). Ela trabalha sempre na condição aberta e preparada para o fechamento normal do Canal de Entrada (18), por ocasião de paradas programadas para inspeção e manutenção geral, geralmente sua utilização é baixa.

[070] A Comporta de Superfície (19) é muito semelhante à Comporta de Fundo (17), opera normalmente aberta e é acionada em situações quando é necessário realizar alguma manutenção dentro do Canal de Entrada (18). A diferença principal da Comporta de Superfície (19) para a Comporta de Fundo (17) está no seu posicionamento, que é no ramal de superfície.

[071] A Comporta Mitra (20) está localizada logo após a Comporta de Superfície (19) e da Comporta de Fundo (17). Diferentemente destas duas, ela trabalha sempre na condição fechada, mas também deve estar à disposição quando se faz necessário regular a vazão das Bombas Submersíveis (11) quando solicitada. É importante mencionar que devido à ergonomia desta comporta ela não fecha totalmente e seu acionamento ocorre pela Central Hidráulica Mitra (21) posicionada em um quarto de controle próximo da Comporta Mitra (20).

[072] O Carro Empurrador (9) está localizado no Canal de Descanso (22), que é uma parte específica do Canal de Entrada

(18), neste repousam os peixes que foram atraídos pelo fluxo de água corrente presente no sistema. Ele tem como função conduzir os peixes até a Gaiola (10) no interior do Elevador (12), sendo imprescindível para isso que a Grade Móvel (23) esteja içada, e que o Elevador (12) de peixes esteja nas condições adequadas para recepção do cardume. A translação horizontal do Carro Empurrador (9) é realizada através de um guincho. Este equipamento possui os mesmos componentes mecânicos daqueles que realizam a movimentação das Comportas de Fundo (17) e Comporta de Superfície (19), entretanto, com valores nominais específicos para suprir suas necessidades.

[073] A Grade Móvel (23) é um equipamento responsável por impedir a passagem dos peixes para a gaiola (10) do Elevador (12). Esta condição é desejada quando o Elevador (12) de peixes está operando, pois não é interessante que haja peixes no espaço ocupado pelo Elevador (12) durante os movimentos de subida e descida da Gaiola (10). A metodologia e os procedimentos adotados para a transposição visam evitar acidentes com os peixes que estão dentro do STP Tipo Elevador (1). A Grade Móvel (23) está posicionada entre o Carro Empurrador (9) e o Elevador (12) de peixes. A elevação dela é realizada através do Guincho da Grade Móvel (24).

[074] A Gaiola (10) de peixes está posicionada entre a Grade Móvel (23) e o Poço do Elevador (25). Ela é responsável por realizar a elevação dos peixes para o primeiro andar e em sequência liberá-los no Tanque de Seleção de Espécies (14). É necessário que para um subsistema que vai realizar o

levantamento de uma quantidade de peixes relativamente grande, imersos em água, que o Guincho (13) seja robusto.

[075] Nos Canais de Bombeamento (26) estão as Bombas Submersíveis (11). Na totalidade, são seis bombas submersas, três delas estão no Canal a Jusante do Elevador (28) de peixes e as outras três no Canal a Montante do Elevador (27). Elas são responsáveis por bombear água proveniente do Canal de Fuga (29) para o Canal de Entrada (18) do STP Tipo Elevador (1), visando a reproduzir um fluxo de água semelhante ao de uma correnteza natural. Em condições normais de operação, operam duas bombas de cada canal, tanto em jusante, como em montante. A bomba restante de cada canal é utilizada para rodízio, visando aliviar o impacto nas demais. Também operam apenas em condições excepcionais, por exemplo, quando o nível de água está muito elevado no Canal de Fuga (29). A efetividade do subsistema de atração nem sempre é positiva. Neste sentido, o Gêmeo Digital – GD tem como objetivo produzir cenários para o STP Tipo Elevador (1), onde é possível escolher quantas e quais Bombas Submersíveis (11) irão operar. Deste modo, é possível buscar melhores condições de operação, bem como monitorar outras variáveis que possam interromper, modificar e melhorar o processo de bombeamento.

[076] Existem ainda nos Canais de Bombeamento (26) a Comporta Vagão de Montante (30) e a Comporta Vagão de Jusante (31). Elas trabalham sempre na condição fechada e preparadas para abertura, uma vez que é necessário realizar a regulação da vazão das Bombas Submersíveis (11) do STP Tipo

Elevador (1). Essas comportas são idênticas, sendo acionadas por cilindros hidráulicos, os quais são pressurizados pela Central Hidráulica Vagão (32) instalada em um quarto próximo aos Canais de Bombeamento (26). O esquema da Central Hidráulica Vagão (32) é basicamente igual ao da Central Hidráulica Mitra (21).

[077] A Ponte Rolante (33) é uma estrutura posicionada sobre os Canais de Bombeamento (26). Ela é composta pela viga principal, estrutura do truque, ligação entre viga e truque, e uma talha elétrica que está fixada na viga principal, apresentando movimentos horizontais e de elevação. Ela é utilizada para movimentar equipamentos sobre os Canais de Bombeamento (26) como, por exemplo, nos processos de manutenção. Uma das funções mais comuns da Ponte Rolante (33) é realizar o içamento das Comportas Ensecadeiras (34) através do engate do guincho da talha elétrica na viga pescadora, que é uma estrutura específica da própria comporta.

[078] A Figura 4 mostra a arquitetura modular para uma implementação de Gêmeos Digitais – GD (35). A maioria das aplicações parte de um Sistema Real (39), no caso dessa patente o STP Tipo Elevador (1) e a partir dele constrói-se o Sistema Virtual (40), no caso dessa patente em linguagem Python de alto nível, que é visualizado pelo usuário na interface usuário/máquina denominada Realidade Virtual (41). A comunicação e integração entre os módulos é estabelecida via Rede Ethernet/Wi-Fi (38) de modo que os controladores e atuadores do Sistema Real (39) se comunicam com os

controladores e atuadores do Sistema Virtual (40) e possam ser acompanhados pelo usuário na Realidade Virtual (41).

[079] Para dar inteligência ao GD (35) e relacionar o modelo real ao virtual existe o módulo de controle do processo OpenPLC (36) onde é realizada a simulação dinâmica que está relacionada à avaliação, testes, monitoramento, configurações e verificação do comportamento das variáveis de controle dos subsistemas. Trata-se de um CLP de código aberto padronizado e totalmente funcional, que pode ser programado nas 5 principais linguagens definidas conforme a norma IEC 61131-3, que estabelece a arquitetura básica de software e as linguagens de programação para automação industrial (CLPs). Finalmente existe o módulo de Lógica de Programação (37) onde são representadas, computacionalmente, as informações dos problemas a serem resolvidos por equações orientadas aos objetos dos subsistemas.

[080] A Figura 5 apresenta um fluxograma resumido da metodologia de implementação de um Gêmeo Digital – GD (35). Embora na íntegra, por definição, os GDs (35) devam funcionar de maneira autônoma, é importante mencionar que é possível estruturar e configurá-los de acordo com o que é desejado. Neste sentido, tudo aquilo que é simulado pode ou não ser transmitido. O processo tem início com a Definição do Componente, Produto ou Sistema (42) que terá seu GD (35) implementado, passa-se a Estudar Detalhadamente (43) o que foi escolhido e verificar Se Existe Documentação Técnica (44) para auxiliar a reprodução dos modelos de simulação; “se sim” faz-se a Reprodução dos Modelos

(45) de cada componente, produto ou sistema em um software de simulação dinâmica e obtém-se os Modelos de Simulação (47); “se não” passa-se a Desenvolver e Modelar (46) cada componente, produto ou sistema em um software de simulação dinâmica.

[081] Obtidos todos os modelos representativos, verificar Se Existe o Sistema Real (48), se “não” existir terá que Construir cada Componente, Produto ou Sistema (49). Tendo o sistema real ou obtido via a construção de seus elementos passa-se a verificar se a Instrumentação Existente (50) é “suficiente” ou “insuficiente”, caso seja “insuficiente” deverá Aprimorar a Instrumentação (51), se for “suficiente” Construir em 3D (52) cada componente, produto ou sistema, em seguida Elaborar o Ambiente Virtual 3D (53) em CAD, faz-se a Criação da Camada de Comunicação (54) para interligar os dados coletados do Sistema Real (39) para alimentar o Sistema Virtual (40), faz-se os Cenários de Simulação (55), desenvolve-se as equações e algoritmos para a Análise de Dados (56) e finalmente faz-se a Otimização (57) do Sistema Virtual (40), repetindo-se as etapas (52, 53, 54, 55 56 e 57) até se obter um GD (35) que espelhe com fidedignidade o Sistema Real (39).

[082] A Figura 6 apresenta os elementos e subsistemas modelados no STP Tipo Elevador (1). No Conjunto das Comportas (58) estão: a Placa da Comporta de Fundo (59), a Placa da Comporta de Superfície (60), as Folhas da Comporta Mitra (61), as Folhas da Comporta Vagão de Montante (62), as Folhas da Comporta Vagão de Jusante (63), as Placas das

Comportas Ensecadeiras (64), a Placa da Grade Móvel (65), a Placa do Carro Empurrador (66) e a Placa da Grade Confinadora (67) que existe junto ao Carro Empurrador (9).

[083] No Conjunto dos Equipamentos (59) estão: o Carro Empurrador (9), a Gaiola (10) de peixes, a Central Hidráulica Mitra (21), a Central Hidráulica Vagão (32), as Bombas Submersíveis (11), a Ponte Rolante (33), o Sistema de Direção e Elevação (69) e a Tubulação (70).

[084] No Conjunto dos Componentes (71) estão: a Bomba Manual (72), o Tambor (73), o Cilindro Hidráulico (74), o Freio (75), a Válvula (76), o Inversor de Frequência (77), a Motobomba (78), o Motor (79), o Disjuntor Monopolar (80), o Disjuntor Bipolar (81) e o Disjuntor Tripolar (82).

[085] Nos Subsistemas Principais (83) estão: a Comporta de Fundo (17), a Comporta de Superfície (19), a Comporta Mitra (20), o Carro Empurrador (9), a Grade Móvel (23), a Grade Confinadora (67), o Elevador (12), as Comportas Vagão (84) compostas pelas Comporta Vagão de Montante (30) e Comporta Vagão de Jusante (31), a Ponte Rolante (33) e as Bombas Submersíveis (11).

[086] Na Figura 7, pode-se visualizar a estrutura de rede implementada no STP Tipo Elevador (1) usando o Gêmeo Digital – GD (35). No sistema existem 6 painéis eletroeletrônicos, dois possuem botões e CLPs que possibilitam comandar manualmente os subsistemas a eles associados ou de forma automática via o software do Supervisório Web-3D (112) instalado no Servidor (111), os outros quatro painéis possuem

CLP-IHMs que realizam o monitoramento e o controle dos subsistemas a eles conectados de forma direta pelo usuário junto aos CLP-IHMs ou via o Supervisório Web-3D (112).

[087] Os CLPs e os CLP-IHMs dos painéis se conectam-se nas portas de entrada do Dispositivo de Chaveamento de Rede (107) através dos módulos ethernet instalados em cada um dos CLPs e CLP-IHMs, à Rede Ethernet Industrial (108) e, por fim, ao CLP-Concentrador (109). Os dados disponíveis no CLP-Concentrador (109), via a Rede Ethernet Corporativa (110), são gravados diretamente no Banco de Dados (113) do sistema e podem ser acessados também via Internet (114).

[088] Os Controladores Lógicos Programáveis – CLPs permitem monitorar o estado ligado/desligado dos componentes dos subsistemas a eles conectados, registrar grandezas medidas e/ou sensoriadas e receberem comandos de controles do Supervisório Web-3D (112). Os Controladores Lógicos Programáveis incorporados com Interfaces Homem Máquina – CLP-IHMs são de pequeno porte físico, com grande capacidade de processamento e visualização local das variáveis dos componentes dos subsistemas a eles conectados, possuem mostrador colorido sensível ao toque que permite a entrada e visualização de dados incluindo telas das grandezas medidas e/ou sensoriadas, lógicas de controle avançadas e registro de dados. Os CLPs e CLP-IHMs possuem entradas digitais e analógicas em quantidades suficientes para monitorar os conjuntos de dados dos componentes dos subsistemas a eles conectados. Para suas

programações, são utilizados softwares específicos que permitem a configuração tanto da lógica de controle dos CLPs, como das telas de IHM e dos parâmetros de comunicação, além dos CLP-IHMs apresentarem uma extensa biblioteca de figuras, permitindo também acesso através de um microcomputador remoto via a Internet (114) para exportação de seus dados. O módulo ethernet no interior dos CLPs e CLP-IHMs possui porta para implementar comunicações via TCP/IP, como MODBUS sobre TCP. Esta comunicação é que permite a comunicação entre eles e o CLP-Concentrador (108). O módulo CAN permite criar uma rede de controle descentralizada usando protocolos CAN entre os CLPs e CLP-IHMs e o módulo SAM.

[089] O CPL-Concentrador (109) é um CLP robusto com entradas e saídas integradas e IHM virtual, ele é capaz de suportar todos os CLPs e CLP-IHMs para concentrar todos os dados adquiridos dos painéis e disponibilizá-los como um único equipamento, e com acesso direto em formato MODBUS ao Banco de Dados (113) do sistema, e de forma independente acesso remoto por IHM virtual em um microcomputador, garantindo assim independência da solução e facilidade de operação.

[090] O Dispositivo de Chaveamento de Rede (107) permite a conexão física dos CLPs e CLP-IHMs ao CLP-Concentrador (109) em um único nó, com todos os dispositivos, possui interface intuitiva para gerenciamento Web e oferece flexibilidade para montagem, de forma a atender as quantidades de portas a serem utilizadas na configuração da Rede Ethernet

Industrial (108).

[091] O Painel das Bombas Submersíveis (85) possui o CLP Bombas Submersíveis (86) que faz o sensoriamento e controle das Bombas Submersíveis (11).

[092] O Painel das Comportas de Fundo e de Superfície (87) possui o CLP Comportas de Fundo e Superfície (88) que faz o sensoriamento e controle da Comporta de Fundo (17) e da Comporta de Superfície (19).

[093] O Painel da Comporta Mitra (89) possui o CLP-IHM da Comporta Mitra (90) que faz o sensoriamento e controle da Comporta Mitra (20), do Carro Empurrador (9) e da Grade Confinadora (67).

[094] O Painel das Comportas Vagão (91) possui o CLP-IHM das Comportas Vagão (92) que faz o sensoriamento e controle da Comporta Vagão de Montante (30), da Comporta Vagão de Jusante (31) e da Ponte Rolante (33).

[095] O Painel do Elevador (93) possui o CLP-IHM do Elevador (94) que faz o sensoriamento e controle da Grade Móvel (23) e da Gaiola (10) de peixes.

[096] O Painel da Qualidade das Águas e Contagem de Peixes (105) possui o CLP-IHM das Águas (106) que faz: i) o sensoriamento da qualidade das águas e a contagem da quantidade de peixes no Canal de Entrada (18) através do Sensor de Oxigênio Dissolvido na Entrada (95), do Sensor de PH da Entrada (96), do Sensor de Temperatura de Entrada (97), do Medidor de Vazão de Entrada (98) e do Sensor de Visão e Luminescência de Entrada (99); e ii) o sensoriamento da qualidade das águas e a contagem

da quantidade de peixes no Canal de Fuga (29) através do Sensor de Oxigênio Dissolvido na Fuga (100), do Sensor de PH da Fuga (101), do Sensor de Temperatura da Fuga (102), do Medidor de Vazão da Fuga (103) e do Sensor de Visão da Fuga (104). O sensoriamento no Canal de Entrada (18) ocorre mais especificamente no interior do Canal de Descanso (22).

[097] O monitoramento dos índices e condições das águas em que os peixes são expostos têm como objetivo trazer o entendimento referente ao nível de estresse ao qual estes animais são submetidos. O estresse dos peixes está relacionado à temperatura da água, oxigenação, PH, ruídos e espaço físico, ou seja, quanto mais estes índices diferirem daquele observado no ambiente natural, mais estressados eles estarão. Neste aspecto, uma vez que as condições da água no interior do STP Tipo Elevador (1) não são favoráveis aos peixes, o processo de transposição é diretamente prejudicado. Isto ocorre porque a parte inicial responsável pela atratividade já estaria impactada. Em decorrência, ao invés dos peixes nadarem no sentido contrário ao fluxo d'água existente no Canal de Entrada (18), eles nadariam a favor do fluxo d'água, o que não é desejado. Deste modo, por instinto de sobrevivência e não mais de reprodução, haveria tentativa de evacuação do Canal de Entrada (18), visto que as condições do local não estariam adequadas para receber a fauna íctia existente nas Águas a Jusante (5) do rio. Os sensores inseridos possibilitam obter os índices mais relevantes a respeito da qualidade da água como oxigenação, temperatura e PH. Estudos e análises mostraram que os locais mais indicados para

o posicionamento destes sensores são no Canal de Entrada (18) e no Canal de Fuga (29) de forma a ser possível comparar a qualidade da água destes ambientes, sendo que o cenário de melhor condição está vinculado ao do Canal de Fuga (29) do rio.

[098] Além dos sensores para monitorar a qualidade das águas, tendo em vista a otimização da atratividade do STP Tipo Elevador (1), são implementados no Canal de Entrada (18) e no Canal de Fuga (29) medidores de fluxos de água. Os medidores de vazão são compostos por codificadores que emitem sinais elétricos de acordo com a variação da sua posição em graus. Esta variação é ocasionada pela movimentação do seu eixo principal, o qual está acoplado a uma hélice, pás ou moinho em dimensões apropriadas; de modo que, identificando a quantidade de voltas registradas pelos codificadores em determinado período, estima-se com certa precisão a vazão ou velocidade dos fluxos das águas.

[099] Para estimar a quantidade de peixes que está sendo atraída ao Canal de Entrada (18) do STP Tipo Elevador (1), e de modo a subsidiar a simulação de cenários em busca de melhores condições de operação, foram adicionados dois sistemas de contagem de peixes via sensores de visão e, como a luminosidade no Canal de Entrada (18) varia conforme as condições do tempo (ensolarado ou nublado), foi acoplado junto ao sensor de visão um sensor de luminosidade e dois holofotes para garantir a boa qualidade de iluminação e contagens precisas em todas as condições de luminosidade.

[100] A Figura 8 mostra os componentes do subsistema

da Comporta de Fundo (17). É uma comporta tipo vagão existente no início do Canal de Entrada (18) cuja movimentação é realizada por um guincho. Este subsistema é composto pelo Inversor da Comporta de Fundo (115) que aciona e controla a rotação do Motor da Comporta de Fundo (116), tipo trifásico, de indução, cuja conexão entre o motor e o tambor é feita pelo Redutor da Comporta de Fundo (118) que controla também a velocidade da Placa da Comporta de Fundo (59). O Freio da Comporta de Fundo (117), eletromagnético, é acionado quando é necessário a interrupção do funcionamento do motor. Além disso, existem as chaves de emergência, o sensor de fim de curso (subida) e o sensor de fim de curso (descida). O comando e controle deste subsistema ocorre via o CLP Comportas de Fundo e Superfície (88) instalado no Painel das Comportas de Fundo e de Superfície (87).

[101] A partir das características técnicas dos componentes de cada subsistema foram modelados os blocos para representar o mecanismo do subsistema de maneira dinâmica. As características dos diversos componentes não são descritas neste relatório por serem extensas; mas a título de exemplo, a Tabela 1 relaciona as características técnicas da Placa da Comporta de Fundo (59).

Tabela 1 – Características Técnicas da Comporta Tipo Vagão de Fundo.

Tipo de comporta	vagão
Número de jogos de peças fixas	1 unidade

Vão livre	3,00 m
Altura livre	2,00 m
Acionamento	Guincho 50 kN
Número de comportas	1 unidade
Número de painéis por comporta	1 unidade
Nível d'água máximo normal de montante (NAn)	275,60 m
Nível d'água máximo de carga na comporta (NAo)	276,00 m
Nível d'água mínimo operacional de jusante (NA min, j)	272,34 m
Nível d'água máximo normal de jusante (NAn, j)	275,60 m
Nível d'água máximo excepcional de jusante (NAo, j)	277,79 m
Elevação do piso de manobra	279,50 m
Elevação da soleira da comporta	266,30 m

[102] A Figura 9 mostra os componentes do subsistema da Comporta de Superfície (19). É uma comporta tipo vagão existente no Canal de Entrada (18) após a Comporta de Fundo (17) cuja movimentação é realizada por um guincho. Este subsistema é composto pelo Inversor da Comporta de Superfície (119) que aciona e controla a rotação do Motor da Comporta de Superfície (120), tipo trifásico, de indução, cuja conexão entre o motor e o tambor é feita pelo Redutor da Comporta de Superfície

(122) que controla também a velocidade da Placa da Comporta de Superfície (60). O Freio da Comporta de Superfície (121), eletromagnético, é acionado quando é necessária a interrupção do funcionamento do motor. Além disso, existem as chaves de emergência, o sensor de fim de curso (subida) e o sensor de fim de curso (descida). O comando e controle acontece pelo CLP Comportas de Fundo e Superfície (88) instalado no Painel das Comportas de Fundo e de Superfície (87).

[103] A Figura 10a mostra os componentes do subsistema da Comporta Mitra (20). Ela está localizada no Canal de Entrada (18) após a Comporta de Superfície (19) e da Comporta de Fundo (17) e sua movimentação é realizada pela Central Hidráulica Mitra (21), que aciona o Cilindro Hidráulico da Mitra Esquerda (123) e o Cilindro Hidráulico da Mitra Direita (124) que move a Folha da Mitra Esquerda (125) e a Folha da Mitra Direita (126) respectivamente.

[104] Na Figura 10b pode-se visualizar os componentes da Central Hidráulica Mitra (21), composta pelas duas Motobombas (130 e 131) conectadas diretamente ao tanque de Óleo (134) e pela Bomba Manual (132). Estas são utilizadas para bombear e pressurizar o óleo existente na tubulação que irá, por fim, movimentar o Cilindro Hidráulico da Mitra Esquerda (123) e o Cilindro Hidráulico da Mitra Direita (124). Além delas, há o conjunto de Válvulas Mitras (133), que é uma composição entre válvulas de alívio, válvulas de retenção e direcionais, sendo que cada uma possui a sua função. Também há pressostatos, medidores de nível, Medidor de Pressão Mitra (135) e os Sinais

de Controle (127, 128 e 129) para acionar os solenoides das válvulas direcionais. O Sinal de Controle do Passo 1 (127) aciona após 300 segundos, o Sinal de Controle do Passo 2 (128) aciona após 300 segundos e o Sinal de Controle Constante (129) está sempre acionado. Os elementos deste subsistema são realizados via o Painel da Comporta Mitra (89) que possui o CLP-IHM da Comporta Mitra (90) que faz o sensoriamento e controle da Comporta Mitra (20), do Carro Empurrador (9) e da Grade Confinadora (67).

[105] A Figura 11 mostra os componentes do subsistema do Carro Empurrador (9). Os componentes utilizados para modelar o mecanismo de translação deste equipamento são os elementos do guincho composto pelo Inversor do Carro Empurrador (136), que aciona e controla a rotação do Motor do Carro Empurrador (137), tipo trifásico, de indução, cuja conexão entre o motor e o tambor é feita pelo Redutor do Carro Empurrador (139) que controla a velocidade da Placa do Carro Empurrador (66), e o Freio do Carro Empurrador (138), eletromagnético, que é acionado quando é necessário a interrupção do funcionamento do motor. Os elementos deste subsistema são realizados via o Painel da Comporta Mitra (89) que possui o CLP-IHM da Comporta Mitra (90) que faz o sensoriamento e controle da Comporta Mitra (20), do Carro Empurrador (9) e da Grade Confinadora (67).

[106] A Figura 12 mostra os componentes do subsistema da Grade Confinadora (67). A Placa da Grade Confinadora Esquerda (144) e a Placa da Grade Confinadora

Direita (145) são acionadas pelo Cilindro Pneumático Esquerdo (141) e pelo Cilindro Pneumático Direito (142) respectivamente, que são acionados pela Central Pneumática (140) localizada no térreo do STP Tipo Elevador (1). Este compressor não é responsável apenas pela Grade Confinadora (67), mas também pela Comporta do Elevador (146) de peixes que é acionada pelo Cilindro Pneumático da Comporta do Elevador (143).

[107] O subsistema do Carro Empurrador (9) e o subsistema da Grade Confinadora (67), embora descritos em figuras separadas, operam de forma interligada e são controlados pelo Painel da Comporta Mitra (89) que possui o CLP-IHM da Comporta Mitra (90) que faz o sensoriamento e controle da Comporta Mitra (20), do Carro Empurrador (9), da Grade Confinadora (67) e da Comporta do Elevador (146).

[108] A Figura 13 mostra os componentes do subsistema da Grade Móvel (23), sua elevação é realizada através do Guincho da Placa Móvel (24), que como os demais guinchos, realiza translação vertical ou horizontal e possui os componentes: o Inversor da Grade Móvel (147), o Motor da Grade Móvel (148), o Redutor da Grade Móvel (150) e o Freio da Grade Móvel (149) para movimentarem a Placa da Grade Móvel (65); estes componentes são controlados via o Painel do Elevador (93) que possui o CLP-IHM do Elevador (94) que faz o sensoriamento e controle da Grade Móvel (23) e da Gaiola (10) de peixes.

[109] A Figura 14 mostra os componentes do subsistema do Elevador (10) de peixes; o mecanismo de elevação da Gaiola (10) é semelhante ao que foi apresentado em subseções

anteriores, ou seja, o Guincho (13) é composto pelo Inversor do Elevador (151), o Motor do Elevador (152), o Redutor do Elevador (154) e o Freio do Elevador (153). Para o levantamento de uma quantidade de peixes relativamente alta, imersos em água, é necessário que o Guincho (13) seja mais robusto que nos casos anteriores.

[110] Como já citado anteriormente, a Central Pneumática (140) localizada no térreo do STP Tipo Elevador (1) possui o Cilindro Pneumático da Comporta do Elevador (143) que aciona a Comporta do Elevador (146) de peixes. Os componentes que compõem o Elevador (12) de peixes são controlados pelo Painel do Elevador (93) que possui o CLP-IHM do Elevador (94) que faz o sensoriamento e controle da Grade Móvel (23) e do Elevador (12) de peixes; além da Comporta do Elevador (146) que é controlado pelo Painel da Comporta Mitra (89) e pelo CLP-IHM da Comporta Mitra (90).

[111] A Figura 15 mostra os componentes do subsistema dos Canais de Bombeamento (26) composto pelos subsistemas Bombas Submersíveis (11), as Comportas Vagão (84) e a Ponte Rolante (33). Na Figura 15a pode-se visualizar o subsistema de bombeamento composto por seis Bombas Submersíveis (11), três localizadas no Canal a Jusante do Elevador (28) de peixes que bombeiam o Volume 1 de Água (155) do Canal de Fuga (29) e três localizadas no Canal a Montante do Elevador (27) de peixes que bombeiam o Volume 2 de Água (156) do Canal de Fuga (29) pela Tubulação (70) para obter o Volume 3 de Água (157) no Canal de Entrada (18). O Medidor de

Vazão de Entrada (98) e o Medidor de Vazão da Fuga (103) fornecem as informações para o cálculo dos volumes de águas movimentados. O Painel das Bombas Submersíveis (85) possui o CLP Bombas Submersíveis (86) que faz o sensoriamento e controle das Bombas Submersíveis (11).

[112] A Figura 15b mostra os componentes do subsistema das Comportas Vagão (84). Nos Canais de Bombeamento (26) existe a Comporta Vagão de Montante (30) e a Comporta Vagão de Jusante (31) que são movimentadas pelo Cilindro Hidráulico Vagão a Montante (158) e Cilindro Hidráulico Vagão a Jusante (159) respectivamente, que são pressurizados pela Central Hidráulica Vagão (32) instalada num quarto próxima aos Canais de Bombeamento (26). O esquema da Central Hidráulica Vagão (32) é basicamente igual ao da Central Hidráulica Mitra (21) descrita na Figura 10b.

[113] A Figura 15c mostra os componentes do subsistema da Ponte Rolante (33). A monovia ou viga principal sofre translação horizontal cujos movimentos em cada um dos lados são proporcionados pelo conjunto Inversor de Translação da Ponte Rolante (160), que acionam os Motores de Translação da Ponte Rolante (163) através das Cremalheiras de Translação da Ponte Rolante (165) e que podem ser parados instantaneamente pelos Freios de Translação da Ponte Rolante (164). O movimento transversal da talha elétrica é proporcionado pelo conjunto Inversor da Talha da Ponte Rolante (162), que aciona o Motor da Talha da Ponte Rolante (169) através da Cremalheira da Talha Ponte Rolante (171) e que pode ser parada instantaneamente pelo

Freio da Talha da Ponte Rolante (170). O movimento de elevação da talha elétrica é proporcionado pelo conjunto Inversor de Elevação da Ponte Rolante (161), que aciona o Motor de Elevação da Ponte Rolante (166) através do Redutor de Elevação da Ponte Rolante (168) e que pode ser parada, instantaneamente, pelo Freio de Elevação da Ponte Rolante (167). Todos esses movimentos visam à Ponte Rolante (33) a movimentar as Placas das Comportas Ensecadeiras (64).

[114] O Painel das Comportas Vagão (91) possui o CLP-IHM das Comportas Vagão (92) que faz o sensoriamento e controle da Comporta Vagão de Montante (30), da Comporta Vagão de Jusante (31) e da Ponte Rolante (33).

[115] A Figura 16 mostra a estrutura de softwares usada no STP Tipo Elevador (1), utilizando o Gêmeo Digital – GD (35). As informações oriundas dos Medidores e Sensores (177) instalados juntos aos equipamentos alimentam os CLPs e CLP-IHMs (178) que, periodicamente, são transferidos ao Banco de Dados (113), onde são armazenados nos históricos.

[116] No módulo de Simulação e Otimização (172) existem os Módulos de Simulação (173) programados em ambiente Wolfram SystemModeler onde encontra-se o Módulo Wolfram Mathematica (174), a Interface FMI (175) para exportação de modelos e co-simulação de modelos dinâmicos, e os Modelos de Simulação (176) construídos em linguagem Python. O módulo de Monitoramento e Treinamento (179) e o módulo de Monitoramento e Operação (180) são operacionalizados pelo Supervisório Web-3D (112). O módulo de

Inspeção e Manutenção (181) é operacionalizado pelo Sistema de Gestão da Manutenção, SGM-GD (182) e o Sistema de Gestão da Manutenção App, SGM-App (183) de aplicação móvel. O Escâner QR (184) é uma ferramenta usando Realidade Aumentada para inspeções de identificações e das características técnicas dos equipamentos.

[117] Nas Figuras 17, pode-se visualizar as telas sinóticas do Supervisório Web-3D (112). Através delas é possível navegar por todas as grandezas disponíveis no Banco de Dados (113), além das vistas pré-configuradas, que sob uma espécie de atalhos, permitem a navegação até os diversos equipamentos existentes no STP Tipo Elevador (1).

[118] A Figura 17a mostra a tela do Supervisório Web-3D (112) quando é acessada na Barra de Ferramentas (188) o ícone 3D Modelo (189); nela algumas vistas ficam disponíveis e são mostradas na parte principal da tela denominada Visão do STP Tipo Elevador (185). Estas vistas conduzem a panoramas pré-estabelecidos, e em ângulos específicos que podem ser alterados via o comando de Posição da Vista (195), que são quatro posições pré-estabelecidas, ou ainda, acionar os controles para movimentar a visualização em todas as Direções da Vista (194). Pelo próprio mouse é possível navegar de forma simplificada e realizar o acesso a diversos ângulos do STP e de seus componentes. Independe do ângulo de visualização para todos os componentes móveis se moverem ou apresentarem seu estado, de acordo como o STP Tipo Elevador (1) estiver operando. A janela Alarme (186) no alto da tela, mostra a descrição da irregularidade

ocorrida quando algum alarme é acionado devido a uma grandeza estar fora de sua faixa normal de operação; a janela Situação Atual (187) mostra a data e hora real de operação do sistema.

[119] A Figura 17b mostra a tela do Supervisório Web-3D (112) quando é feito o acesso ao ícone Equipamentos (190); abrindo um menu que possibilita acessar a visualização imediata dos equipamentos pertencentes aos diversos subsistemas. No Quadro Grandezas do Equipamento (196) são expostas as grandezas existentes para um dado equipamento selecionado, e através do Botão Selecciona Grandeza (197) a mesma é selecionada e exposta no Gráfico da Grandeza do Equipamento (198) associado ao seu estado operacional. Podem ser selecionadas e mostradas até 3 grandezas de cada equipamento, conforme históricos delas contidos no Banco de Dados (113).

[120] A Figura 17c mostra a tela do Supervisório Web-3D (112) quando é feito o acesso aos ícones Canais (191), Peixes (192) e Águas (193), estes podem ser selecionados de forma individual ou em conjunto. Quando em conjunto, são apresentadas, de forma simultânea, as informações no Gráfico Velocidade de Atração e Descanso (199) fornecidas pelas medições de vazões, o Gráfico da Quantidade de Peixes (200) fornecido pelas contagens de peixes via sensores de visão, e a Tabela de Águas (201), onde são apresentadas as informações instantâneas de nível de PH, oxigênio dissolvido, temperatura e vazão no Canal de Descanso (22) e no Canal de Fuga (19), além da luminosidade no Canal de Descanso (22); e o Gráfico das Temperaturas (202) no Canal de Descanso (22) e no Canal de

Fuga (19).

[121] O Gêmeo Digital – GD (35) obtido via a criação do Sistema Virtual (40) é implementado em ambiente computacional ultrarrealista em três dimensões (3D), contendo animações diretamente relacionadas às condições de operação do STP Tipo Elevador (1). A modelagem 3D é realizada com o software SolidWorks e os desenhos 3D representam de maneira fidedigna os equipamentos do Sistema Real (39) de forma que os ambientes 3D apresentados na Visão do STP Tipo Elevador (185) do Supervisório Web-3D (112) são cópias fiéis do STP Tipo Elevador (1).

[122] Na Figura 18 pode-se visualizar as telas sinóticas do Sistema de Gestão da Manutenção, SGM-GD (182). Este software visa acompanhar o ativo STP Tipo Elevador (1) nas ações de inspeção e de manutenção dos equipamentos que o constitui, sua estrutura dinâmica permite ao gestor cadastrar os usuários, equipamentos, planos de manutenção, agendas, requisitos de manutenção e programação. Na tela do Painel de Controle do SGM-GD (203) pode-se visualizar o Menu do SGM-GD (204). Através dele é possível direcioná-lo para o Supervisório Web-3D (112), ou seja, enquanto está se operando o SGM-GD (182), o usuário pode migrar para a navegação do supervisório em busca de visualizar as informações em tempo real de operação do STP Tipo Elevador (1). Os demais menus são: o próprio “Painel de Controle” onde são apresentadas a Agenda de Manutenções (205) na forma de agenda ao longo do tempo, a relação das Manutenções Realizadas (206) e a relação das

Manutenções Programadas e Não Realizadas (207); os “Chamados” onde o programador pode realizar uma solicitação de manutenção para uma atuação particular em algum equipamento, sua prioridade para atuação, especificações para essa demanda, as datas limite para atuação e também a quem se atribui; as “Tarefas” onde são atualizadas as atividades de manutenção programadas, podendo ser selecionadas as atividades já realizadas, em andamento que são aquelas que estão para ser atendidas, porém apresentam uma data marcada e, por fim, as novas tarefas que são as com programações ainda não aceitas no sistema e estão sob avaliação, ou que o mantenedor manifeste o aceite e agendamento; a “Lista de Trabalho” onde se encontra a lista de manutenções preventivas por equipamento, considerando a importância da sequência dos processos de gestão do ativo, as medidas mínimas de manutenção conforme planos especificados pelos fabricantes, ou mesmo pelas exigências técnicas de cada componente dos equipamentos; no menu “Equipamentos” é onde se estabelece o cadastramento dos equipamentos compreendidos no plano de gestão da manutenção e também informações específicas do tipo de equipamento, unidades específicas e etiquetas com uma imagem do equipamento; no menu “Acessos” estão as funções de cadastramento dos usuários e níveis de acesso, além dos controles de ativação ou inativação por usuário; e no menu “Configurações” que estão as configurações onde se determina a instalação de um equipamento, logotipos e imagens para exibição. Finalmente, quando acionado o Botão Relatório, (208) o usuário pode selecionar as descrições relativas às

ocorrências de um dado menu selecionado e imprimi-las.

[123] Nas Figuras 19, pode-se visualizar as telas sinóticas do Sistema de Gestão da Manutenção App, SGM-App (183). Trata-se da aplicação móvel do STP Tipo Elevador (1), uma ferramenta que complementa o uso do Supervisório Web-3D (1112) e também do SGM-GD (182) para o ambiente Android. Uma vez instalado no Celular (209), ou tablet, o aplicativo se conecta ao SGM-GD (182) através da Rede Ethernet/Wi-Fi (38) ou da Internet (114), essa última quando o SGM-GD (182) está operando em algum Servidor (111) remoto, com acesso à Internet (114). O acesso ao aplicativo é validado pelas mesmas inscrições de login e senha cadastradas no SGM-GD (182).

[124] A Figura 19a mostra a tela inicial denominada de Tela Tarefas do App (210), onde são carregados o menu principal com as funções Tarefas Planejadas (211), que relacionam o conjunto de atividades programadas pelo programador de Manutenção; as Tarefas Pausadas (212) que são aquelas que o usuário iniciou mas deixou para ser continuada em um outro momento; as Tarefas Livres (213) que são as atividades em que o próprio usuário identificou como necessárias e iniciou a manutenção; e os Históricos no App (214) de manutenções realizadas pelo usuário.

[125] Na função Inspeção 3D (215), o aplicativo se conecta ao Supervisório Web-3D (112). Essa função é uma ferramenta importante para inspeções dos equipamentos, como estados de operação, ou ainda uma navegação oportuna de forma remota, ela é bastante interativa e permite o acesso sobre duas formas: i) a

partir de navegação no menu dos Subsistemas (216) mostrado na Figura 19b que relaciona a Comporta de Fundo (17), a Comporta de Superfície (19), a Comporta Mitra (20), o Carro Empurrador (9), a Grade Móvel (23), a Grade Confinadora (67), o Elevador (12), as Comportas Vagão (84), a Ponte Rolante (33) e as Bombas Submersíveis (11); e ii) a partir do Escâner QR (184), cujo objetivo é a colocação de códigos QR junto dos equipamentos ou em pontos estratégicos para facilitar o acesso imediato ao equipamento, tornando a navegação rápida e eficaz.

[126] Na Figura 19c pode-se visualizar a tela do aplicativo direcionada pelo escâner quando um código QR do equipamento é objetivado para facilitar o acesso imediato ao equipamento, tornando a navegação rápida e eficaz. Uma vez selecionado o equipamento, é fornecido o Nome do Equipamento (217), carregada a Imagem 3D do Equipamento Escaneado (218), que pode ser rotacionada e movida livremente; as principais Grandezas Medidas do Equipamento Escaneado (219) no momento e suas principais Características Técnicas (220).

[127] Na Figura 20 pode-se visualizar os blocos de um Modelo Exemplo – Comporta de Fundo (17) implementado para uso em simulações. A Figura 8 mostrou os componentes e os mecanismos envolvidos no acionamento para o controle da Placa da Comporta de Fundo (59): o Inversor da Comporta de Fundo (115), o Motor da Comporta de Fundo (116), o Redutor da Comporta de Fundo (118) e o Freio da Comporta de Fundo (117). No modelo de simulação são implementados os circuitos eletroeletrônicos, mecânicos e hidráulicos dos blocos que

constituem cada componente, implementados com as respectivas funções e equações que os representam e alterando as variáveis de entradas para obter as respostas de saída.

[128] O inversor de frequência representado na Figura 20a é composto por uma Fonte de Tensão Controlada (221) e pelo medidor de Corrente Alternada (225). O Sinal de Controle (224) oriundo do Controle de Tempo de Duração (223) e do Sinal Disparador (222) permite a configuração do nível de tensão nominal, frequência nominal, mas também da frequência atual ou desejada. Esta última interfere diretamente na velocidade de rotação do Motor da Comporta de Fundo (116), a qual está definida no memorial de cálculo do motor. Todo o circuito inicia a simulação quando é acionada a Chave de Simulação (226).

[129] A Figura 20b mostra a representação utilizada para o Motor da Comporta de Fundo (116) e dois medidores para auxiliar no monitoramento, o Medidor de Potência Mecânica no Eixo (227) e o Medidor de Velocidade de Rotação (228). O bloco “Aimdad” representa os dados específicos do motor, como número de pares de polos, frequência nominal, momentos de inércia do estator e do rotor. O eixo de rotação do motor é acoplado em sequência ao freio e ao tambor, respectivamente. O motor utilizado é do tipo gaiola de esquilo, trifásico, com três pares de polos e atua na frequência nominal sistêmica (60 Hz).

[130] A Figura 20c mostra a representação utilizada para o Freio da Comporta de Fundo (118), ele é acionado apenas em duas ocasiões; na Primeira (229), o sensor de fim de curso identifica a conclusão do movimento, que é uma translação na

direção vertical ou horizontal, e antes de iniciar o movimento no sentido oposto é necessário interromper a operação atual. Com isso, ocorre a mudança no sentido de rotação do motor, por meio da inversão da sequência de fases disponíveis para o motor. Na Segunda (230) situação, depende da configuração que o operador realiza no bloco de controle, pois depende da posição de frenagem (pfren) escolhida, sendo configurada conforme o cenário almejado. Em outras palavras, o usuário define se a estrutura permanecerá inerte durante todo período de simulação ou se ela irá movimentar-se, completamente ou parcialmente, após a primeira operação. Acionadas as Lógicas Boolean (231) que disparam o Somador (232) ele aciona o Freio (233) que apresenta a Inércia (234) de $0,5\text{kg.m}^2$; o Medidor de Velocidade do Freio (235) faz o monitoramento de sua velocidade.

[131] A Figura 20d mostra o diagrama de blocos que representa o tambor - Redutor da Comporta de Fundo (117), ele está acoplado internamente a uma Caixa de Engrenagens (236) com relação de 167,5 vezes e de Inércia do Redutor (237) de $4,08\text{kg.m}^2$, está acoplado à Cremalheira da Comporta de Fundo (238). De acordo com os memoriais de cálculos dos equipamentos, a relação de transformação de velocidade i_{nec} depende da rotação do motor elétrico n_{mot} e da rotação do tambor n_{tb} como é explicitado na equação (1):

$$i_{nec} = \frac{n_{mot}}{n_{tb}} \quad (1)$$

[132] Corpos em rotação possuem momentos de inércia, pois estes representam o valor em kg.m^2 que caracterizam

a dificuldade de alterar o movimento de um corpo em rotação. No caso do tambor maciço, o momento de inércia I foi calculado como mostra a equação (2), onde M representa a massa e R o raio do tambor.

$$I = \frac{M.R^2}{2} \quad (2)$$

[133] No Modelo Exemplo, também foram elaboradas as estruturas principais, as quais serão acionadas pelo conjunto de componentes anteriormente mencionados. Estas são diferentes em diversos aspectos, dentre eles estão a sua função e contribuição para o STP Tipo Elevador (1), a movimentação, a massa, as forças dinâmicas envolvidas na sua operação e outras.

[134] A Figura 20e mostra o diagrama da Placa da Comporta de Fundo (59) com sua Massa (241) de 4402 kg definida no memorial de cálculo, bem como as forças dinâmicas envolvidas na movimentação da comporta. A documentação consultada apresenta o esquema de forças estáticas na comporta, entretanto, a força dinâmica resultante depende apenas das forças peso e empuxo. A força peso é uma força estática, entretanto a força empuxo varia conforme o volume de água que a comporta desloca ao ser submersa em água. O monitoramento da força empuxo está vinculado à altura molhada da comporta, bem como o nível de água do Canal de Entrada (18) que é medido por sensores estrategicamente posicionados. Para representar o nível da água na simulação foi definido a variável “ h ”, responsável por repassar esta informação à comporta de fundo. A força atuante é dada pela força de empuxo e pela força peso que apresentam

sentidos contrários. A força de empuxo E é calculada pela equação (3):

$$E = \rho \cdot H_m \cdot A_{base} \quad (3)$$

onde: ρ representa a massa específica da água, H_m é a altura molhada e A_{base} é a área da base da Placa da Comporta de Fundo (59), H_m depende diretamente de h , que é a variável utilizada para monitorar o nível de água no canal, enquanto os demais valores são constantes previamente definidas com base em valores de projeto. A Força Peso P_g é calculada pela equação (4):

$$P_g = m \cdot g \quad (4)$$

onde: m é a massa da comporta e g é a força da gravidade. H_m depende diretamente de h , que é a variável utilizada para monitorar o nível de água no canal, enquanto os demais valores são constantes previamente definidas com base em valores de projeto. A Força Atuante (242) F_a resultante na operação da Placa da Comporta de Fundo (59) é calculada pela equação (5).

$$F_a = P_g - E \quad (5)$$

[135] O bloco Controle da Comporta de Fundo (242) e o modelo possuem parâmetros de controle. No primeiro, é possível escolher a posição de frenagem (pfren) da comporta, com isso é possível mantê-la fechada ou abri-la o quanto se queira. Escolhido a posição de parada, a comporta permanecerá durante todo restante da simulação estagnada na posição previamente definida. No modelo, é possível escolher a velocidade de subida e descida da comporta. Esta também é pré-definida e deve estar dentro dos limites aceitáveis da simulação. A velocidade escolhida será constante durante toda a simulação

em andamento. O medidor de Posição da Placa da Comporta de Fundo (243) indica a posição “Y” de deslocamento da Placa da Comporta de Fundo (59).

[136] A Figura 21 mostra os gráficos resultantes da simulação do Modelo Exemplo – Comporta de Fundo (17). Neste modelo é configurada previamente a velocidade dos movimentos de fechamento e abertura da comporta. Outra variável importante a ser configurada, antes do início da simulação, é a posição que o usuário escolhe para interromper a rotação do motor através do acionamento do freio.

[137] O gráfico da Figura 21a mostra a posição “Y” de deslocamento da Placa da Comporta de Fundo (59) no decorrer do tempo de simulação. O gráfico da Figura 21b mostra a velocidade do fechamento e da abertura inerente à estrutura.

[138] O gráfico da Figura 21c mostra a altura do nível de água no Canal de Entrada (18) e o gráfico da Figura 21d a posição de parada do movimento de abertura. A posição natural da Placa da Comporta de Fundo (59) é normalmente aberta, sendo fechada apenas em processos de manutenção. Deste modo, foi considerado que na posição “0 m” ela está aberta totalmente e quando atinge o valor máximo da elevação que é 16 m está completamente fechada. Basicamente, o operador pode atribuir valores entre 0 e 16 m, com isso ele definirá a posição de parada da comporta após o término do fechamento.

[139] Os gráficos a seguir mostram as forças dinâmicas envolvidas na operação da Placa da Comporta de Fundo (59), a Figura 21e mostra a Força do Peso P_g , a Figura 21f mostra a Força

de Empuxo E e a Figura 21g mostra a Força Atuante F_a resultante.

[140] A altura do nível de água do Canal de Entrada (18) afeta diretamente o diagrama de forças, visto que a força de empuxo tende a aumentar ou diminuir. Esta variação pode ser observada nos gráficos da Figura 21h, Figura 21i e Figura 21j. É importante mencionar que a constante h definida no diagrama de blocos da simulação receberá o valor específico obtido do sensor de nível posicionado no Canal de Entrada (18) do STP Tipo Elevador (1). Ao diminuir a altura do nível de água do Canal de Entrada (18) é perceptível que a interferência da Força de Empuxo diminui ao longo da operação da comporta.

[141] O método de operação, treinamento, simulação e manutenção baseado no uso do Gêmeo Digital – GD (35), objeto da presente patente de invenção, pode ter a construção de seus subsistemas com diferentes componentes e tecnologias, bem como diferentes configurações acessórias conforme a necessidade de cada planta de STF Tipo Elevador (1); logicamente alterações podem ser feitas no “MÉTODO E SISTEMA DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO USANDO GÊMEO DIGITAL PARA SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO DE PEIXES TIPO ELEVADOR” sem a perda da inovação aqui apresentada.

REIVINDICAÇÕES

1. “MÉTODO E SISTEMA DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO USANDO GÊMEO DIGITAL PARA SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO DE PEIXES TIPO ELEVADOR”, compreendido pelos subsistemas Comporta de Fundo (17), Comporta de Superfície (19), Comporta Mitra (20), Carro Empurrador (9), Grade Móvel (23), Grade Confinadora (67), Elevador (12), Comportas Vagão (84), Ponte Rolante (33) e as Bombas Submersíveis (11), do Painel das Bombas Submersíveis (85) que possui o CLP Bombas Submersíveis (86) que faz o sensoriamento e controle das Bombas Submersíveis (11), do Painel das Comportas de Fundo e de Superfície (87) que possui o CLP Comportas de Fundo e Superfície (88) que faz o sensoriamento e controle da Comporta de Fundo (17) e da Comporta de Superfície (19), do Painel da Comporta Mitra (89) que possui o CLP-IHM da Comporta Mitra (90) que faz o sensoriamento e controle da Comporta Mitra (20), do Carro Empurrador (9) e da Grade Confinadora (67), do Painel das Comportas Vagão (91) que possui o CLP-IHM das Comportas Vagão (92) que faz o sensoriamento e controle da Comporta Vagão de Montante (30), da Comporta Vagão de Jusante (31) e da Ponte Rolante (33) e do Painel do Elevador (93) que possui o CLP-IHM do Elevador (94) que faz o sensoriamento e controle da Grade Móvel (23) e da Gaiola (10) de peixes, **caracterizado por** apresentar uma estrutura de comunicação em rede digital via TCP/IP, como MODBUS sobre TCP, composta pelo Dispositivo de Chaveamento de Rede (107) que via Rede

Ethernet Industrial (108) coleta e envia dados aos CLPs e CLP-IHMs (178) conectados aos Medidores e Sensores (177) instalados junto dos equipamentos do STP Tipo Elevador (1), via o CLP-Concentrador (109) e a Rede Ethernet Corporativa (110) onde encontram-se também conectados o Banco de Dados (113), o Servidor (111) e a Internet (114); uma estrutura em softwares que constituem o Gêmeo Digital – GD (35) formados pelo módulo de Simulação e Otimização (172) onde estão os Módulos de Simulação (173) programados em ambiente Wolfram SystemModeler e onde encontra-se o Módulo Wolfram Mathematica (174), a Interface FMI (175) para exportação de modelos e co-simulação dos modelos dinâmicos, e os Modelos de Simulação (176) construídos em linguagem Python, o módulo de Monitoramento e Treinamento (179) e o módulo de Monitoramento e Operação (180) que são operacionalizados pelo Supervisório Web-3D (112), o módulo de Inspeção e Manutenção (181) que é operacionalizado pelo Sistema de Gestão da Manutenção, SGM-GD (182) e o Sistema de Gestão da Manutenção App, SGM-App (183) de aplicação móvel, e o Escâner QR (184) que usa realidade aumentada para realizar inspeções com identificações e coletas das características técnicas e operacionais dos equipamentos; e um sistema para avaliação da qualidade das águas e contagem da quantidade de peixes no Canal de Entrada (18) e no Canal de Fuga (29) de forma a monitorar a atratividade dos peixes pelo STP Tipo Elevador (1) e gerar subsídios para aumento de sua eficiência operacional.

2. “MÉTODO E SISTEMA DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO USANDO GÊMEO DIGITAL PARA SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO DE PEIXES TIPO ELEVADOR”, cujo Gêmeo Digital – GD (35) é composto de um Sistema Virtual (40) construído como imagem do Sistema Real (39) de modo que os controladores e atuadores, que se comunicam via Rede Ethernet/Wi-Fi (38), possam ser acompanhados através da Realidade Virtual (41), de forma inteligente, através do módulo de controle de processo OpenPLC (36), onde é realizada a simulação dinâmica relacionada à avaliação, testes, monitoramento, configurações e verificação do comportamento das variáveis de controle dos sistemas, e o módulo de Lógica de Programação (37), onde são representadas computacionalmente as informações dos problemas a serem resolvidos por equações orientadas aos objetos dos subsistemas, **caracterizado por** usar os seguintes procedimentos para a construção do Gêmeo Digital – GD (35): Definição do Componente, Produto ou Sistema (42) que terá o GD (35) implementado, Estudar Detalhadamente (43) o que foi escolhido e verificar Se Existe Documentação Técnica (44) para auxiliar a reprodução dos modelos de simulação; “se sim” faz-se a Reprodução dos Modelos (45) de cada componente, produto ou sistema em um software de simulação dinâmica e obtém-se os Modelos de Simulação (47); “se não” passa-se a Desenvolver e Modelar (46) cada componente, produto ou sistema em um software de simulação dinâmica, obtidos os modelos representativos, verificar Se Existe o Sistema Real (48), se “não” existir terá que Construir cada

Componente, Produto ou Sistema (49), tendo o sistema real ou obtido via a construção de seus elementos passa-se a verificar se a Instrumentação Existente (50) é “suficiente” ou “insuficiente”, caso seja “insuficiente” deverá Aprimorar a Instrumentação (51), se for “suficiente” Construir em 3D (52) cada componente, produto ou sistema, em seguida Elaborar o Ambiente Virtual 3D (53) em CAD, faz-se a Criação da Camada de Comunicação (54) para interligar os dados coletados do Sistema Real (39) para alimentar o Sistema Virtual (40), faz-se os Cenários de Simulação (55), desenvolve-se as equações e algoritmos para a Análise de Dados (56) e finalmente faz-se a Otimização (57) do Sistema Virtual (40), repetindo-se as etapas (52, 53, 54, 55 56 e 57) até se obter um GD (35) que espelhe com fidedignidade o Sistema Real (39); a criação do Sistema Virtual (40) é implementado em três dimensões (3D), com animações diretamente relacionadas às condições de operação do STP Tipo Elevador (1), a modelagem 3D é realizada com o software SolidWorks e os desenhos 3D representam de maneira fidedigna os equipamentos do Sistema Real (39) de forma que os ambientes 3D são cópias fiéis do STP Tipo Elevador (1).

3. “MÉTODO E SISTEMA DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO USANDO GÊMEO DIGITAL PARA SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO DE PEIXES TIPO ELEVADOR” de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** no Supervisório Web-3D (112) serem visualizadas telas sinóticas que mostram as grandezas disponíveis no Banco de Dados (113), além das vistas pré-configuradas, que sob uma espécie de

atalhos, permite a navegação até os diversos equipamentos existentes no STP Tipo Elevador (1); quando acionada na Barra de Ferramentas (188) o ícone 3D Modelo (189) vistas ficam disponíveis e mostradas na Visão do STP Tipo Elevador (185) em panoramas pré-estabelecidos, e em ângulos específicos que podem ser alterados via o comando de Posição da Vista (195) e Direções da Vista (194), a janela Alarme (186) mostra a descrição de irregularidades ocorridas, e a janela Situação Atual (187) mostra a data e hora real de operação do sistema; quando acionado o ícone Equipamentos (190) abre um menu que possibilita acessar os equipamentos dos diversos subsistemas, no Quadro Grandezas do Equipamento (196) são expostas as grandezas existentes, através do Botão Selecciona Grandeza (197) a mesma é selecionada e exposto o Gráfico da Grandeza do Equipamento (198); e quando acionados os ícones Canais (191), Peixes (192) e Águas (193), selecionados de forma individual ou em conjunto, expõem o Gráfico Velocidade de Atração e Descanso (199) fornecido pelas medições de vazões, o Gráfico da Quantidade de Peixes (200) fornecido pelas contagens de peixes via sensores de visão, e a Tabela de Águas, (201) onde são apresentadas as informações instantâneas de nível de PH, oxigênio dissolvido, temperatura e vazão no Canal de Descanso (22) e no Canal de Fuga (19), além da luminosidade no Canal de Descanso (22), e o Gráfico das Temperaturas (202) no Canal de Descanso (22) e no Canal de Fuga (19).

4. “MÉTODO E SISTEMA DE OPERAÇÃO E

MANUTENÇÃO USANDO GÊMEO DIGITAL PARA SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO DE PEIXES TIPO ELEVADOR” de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** no Sistema de Gestão da Manutenção, SGM-GD (182) a tela sinótica do Painel de Controle do SGM-GD (203) mostrar no Menu do SGM-GD (204) o ícone Supervisório Web-3D (112) que o direciona para navegação do supervisor, o ícone do próprio “Painel de Controle” onde são apresentadas a Agenda de Manutenções (205), as Manutenções Realizadas (206) e as Manutenções Programadas e Não Realizadas (207); o ícone dos “Chamados”; as “Tarefas”; a “Lista de Trabalho” o ícone dos “Equipamentos”; o ícone dos “Acessos”; o ícone das “Configurações”; e o Botão Relatório (208) que permite imprimir descrições relativas as ocorrências de um dado menu selecionado.

5. “MÉTODO E SISTEMA DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO USANDO GÊMEO DIGITAL PARA SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO DE PEIXES TIPO ELEVADOR” de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** no Sistema de Gestão da Manutenção App, SGM-App (183) instalado em Celular (209), ou tablet, o aplicativo complementa o uso do Supervisório Web-3D (1112) e do SGM-GD (182) se conecta ao SGM-GD (182) opera em ambiente Android, e via a Tela Tarefas do App (210) o usuário tem acesso as Tarefas Planejadas (211), as Tarefas Pausadas (212), as Tarefas Livres (213), e aos Históricos no App (214) de manutenções realizadas pelo usuário; na função Inspeção 3D (215) podem ser feitas

inspeções dos equipamentos de duas formas, a partir do menu são relacionados os Subsistemas (216) e os respectivos equipamentos, e partir do Escâner QR (184) obter os códigos QR junto dos equipamentos ou em pontos estratégicos para facilitar o acesso imediato; uma vez selecionado um equipamento é fornecido o Nome do Equipamento (217), carregada a Imagem 3D do Equipamento Escaneado (218) que pode ser rotacionada e movida livremente; as principais Grandezas Medidas do Equipamento Escaneado (219) e Características Técnicas (220).

6. “MÉTODO E SISTEMA DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO USANDO GÊMEO DIGITAL PARA SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO DE PEIXES TIPO ELEVADOR” de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por o** Painel da Qualidade das Águas e Contagem de Peixes (105) possuir o CLP-IHM das Águas (106) que faz o sensoriamento da qualidade das águas e a contagem da quantidade de peixes no Canal de Entrada (18) através do Sensor de Oxigênio Dissolvido na Entrada (95), do Sensor de PH da Entrada (96), do Sensor de Temperatura de Entrada (97), do Medidor de Vazão de Entrada (98) e do Sensor de Visão e Luminescência de Entrada (99); e o sensoriamento da qualidade das águas e a contagem da quantidade de peixes no Canal de Fuga (29) através do Sensor de Oxigênio Dissolvido na Fuga (100), do Sensor de PH da Fuga (101), do Sensor de Temperatura da Fuga (102), do Medidor de Vazão da Fuga (103) e do Sensor de Visão da Fuga (104).

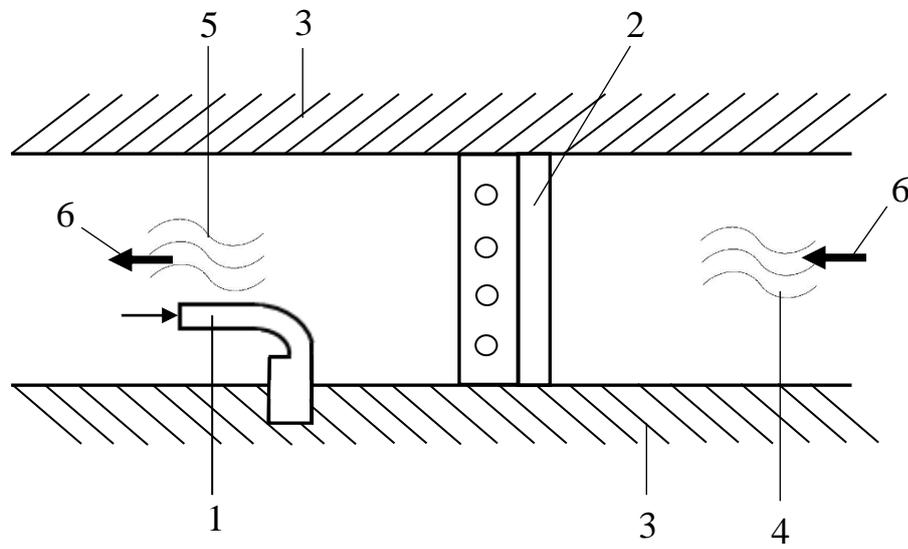


Figura 1

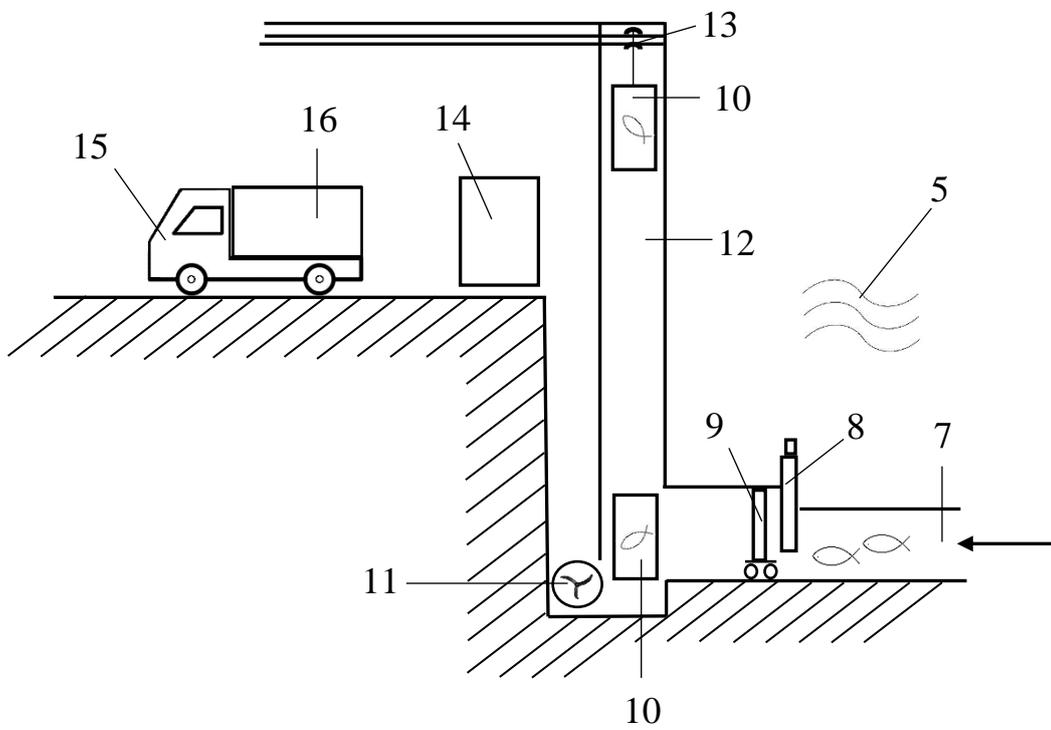


Figura 2

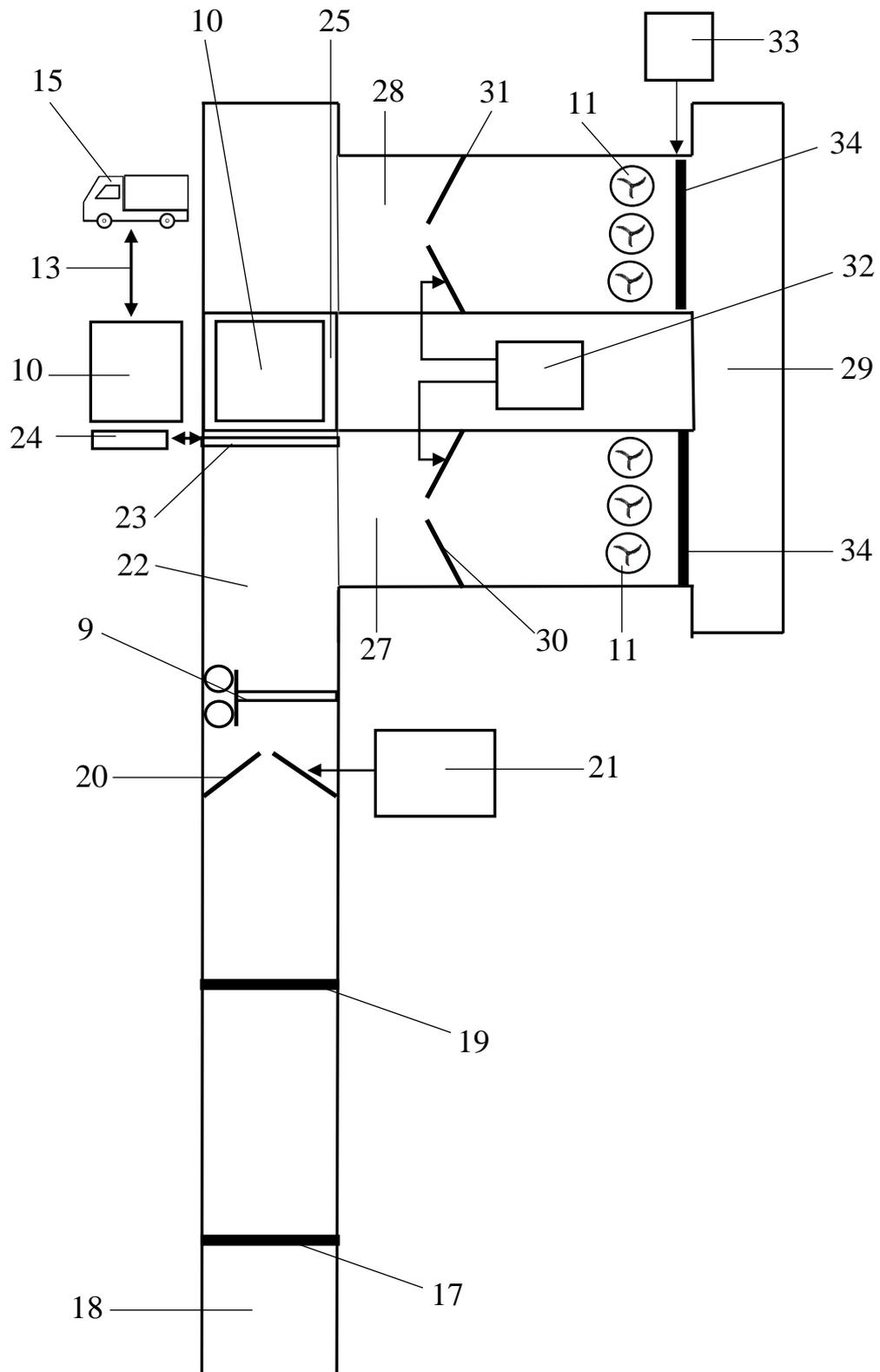


Figura 3

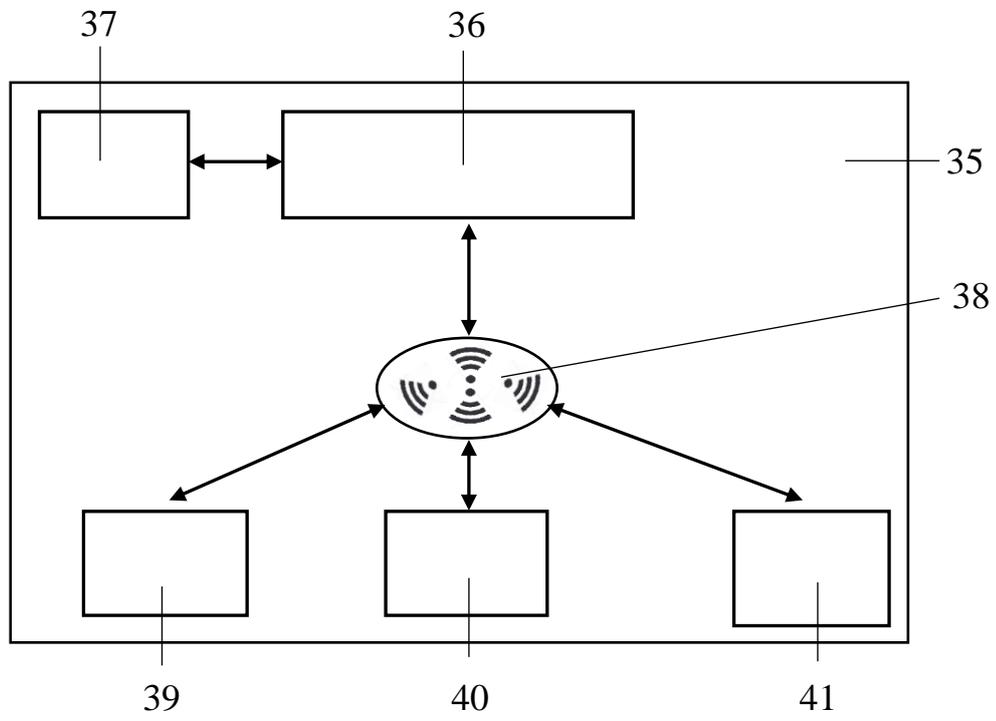


Figura 4

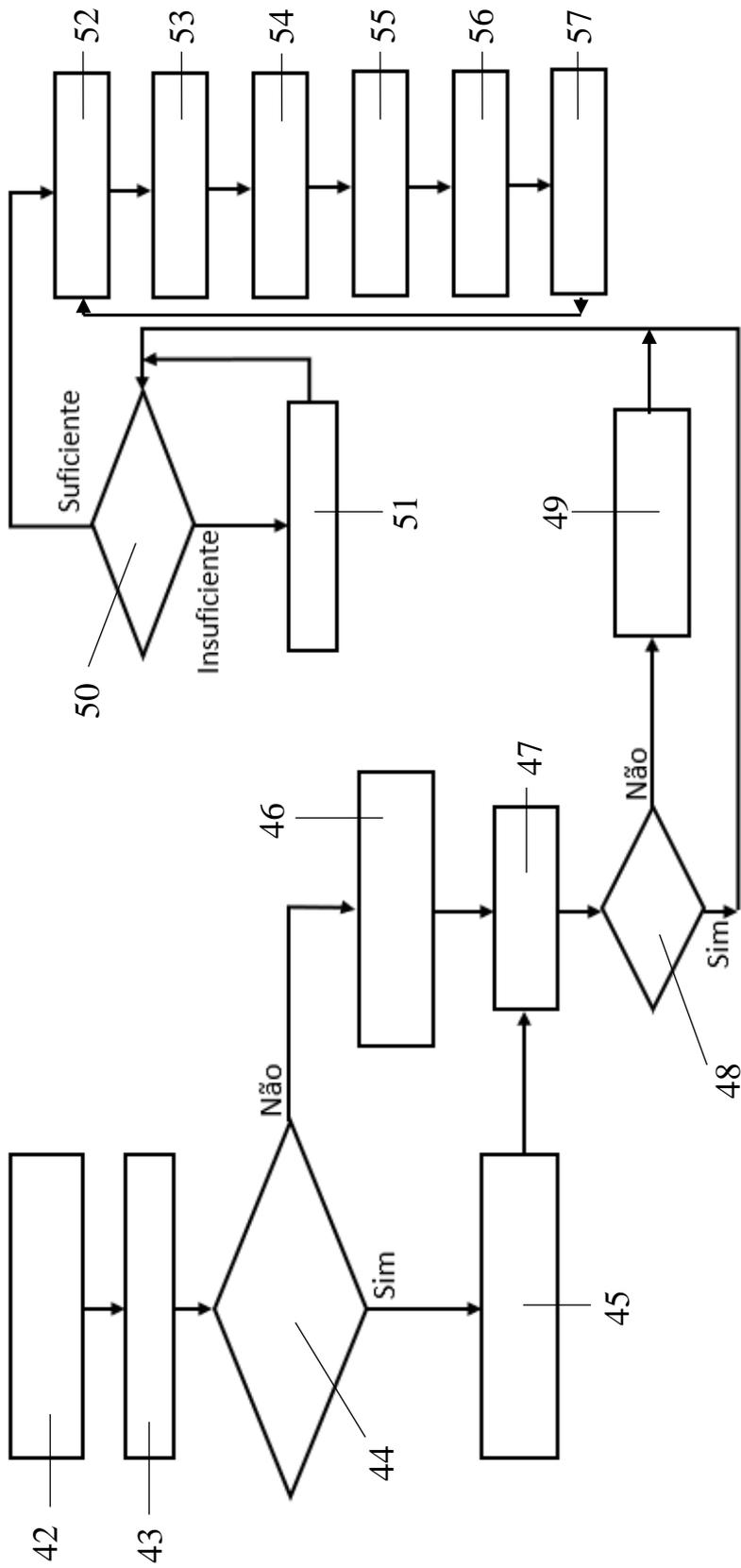


Figura 5

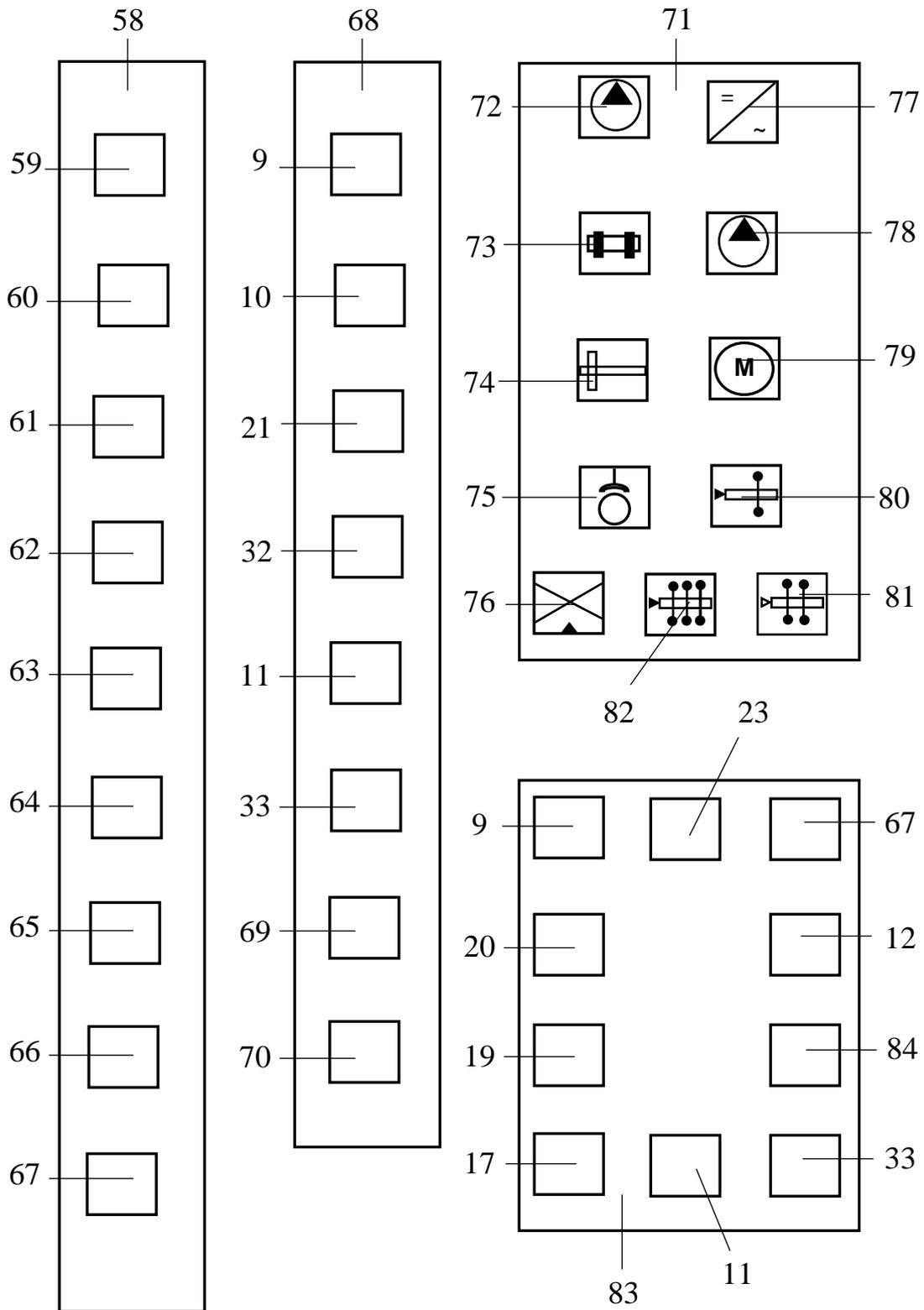


Figura 6

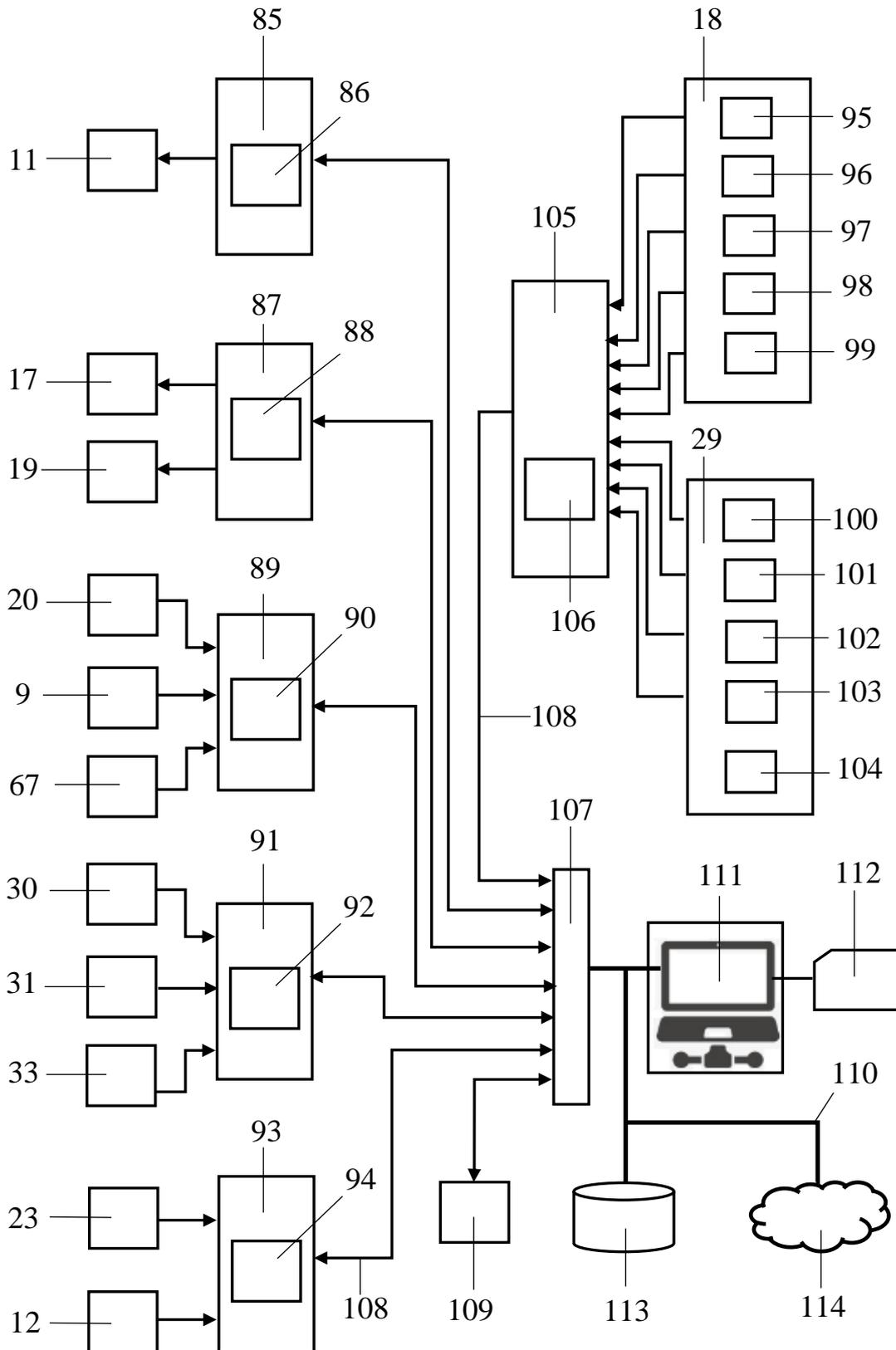


Figura 7

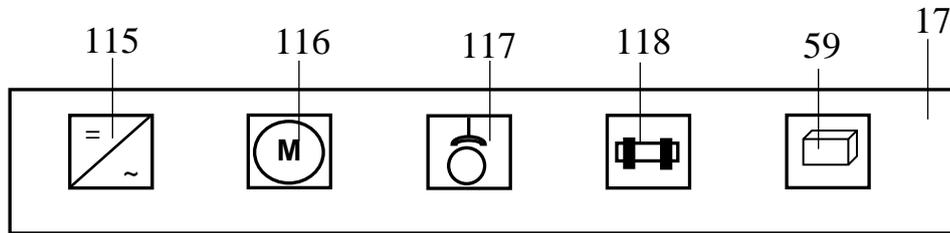


Figura 8

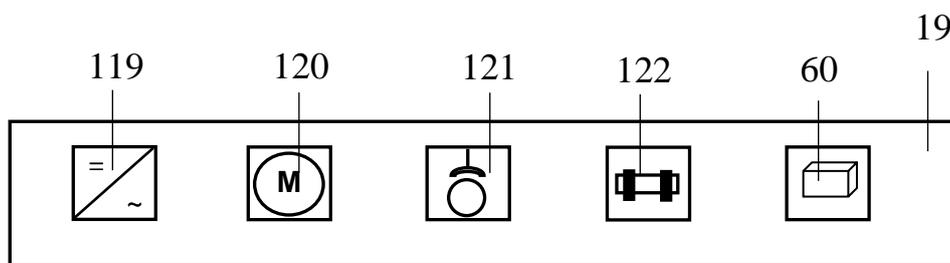


Figura 9

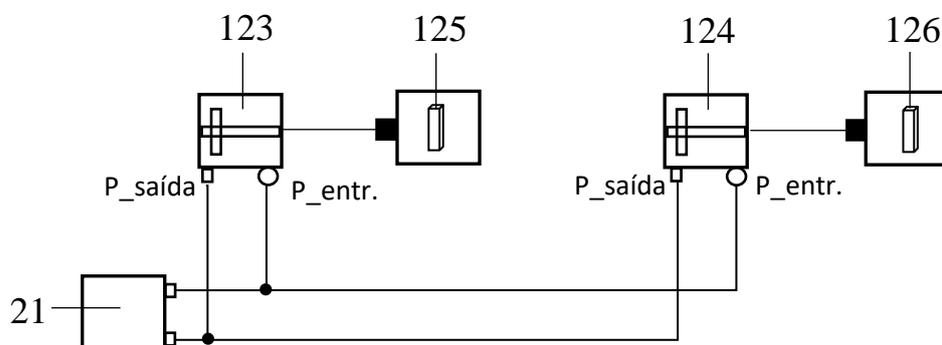


Figura 10a

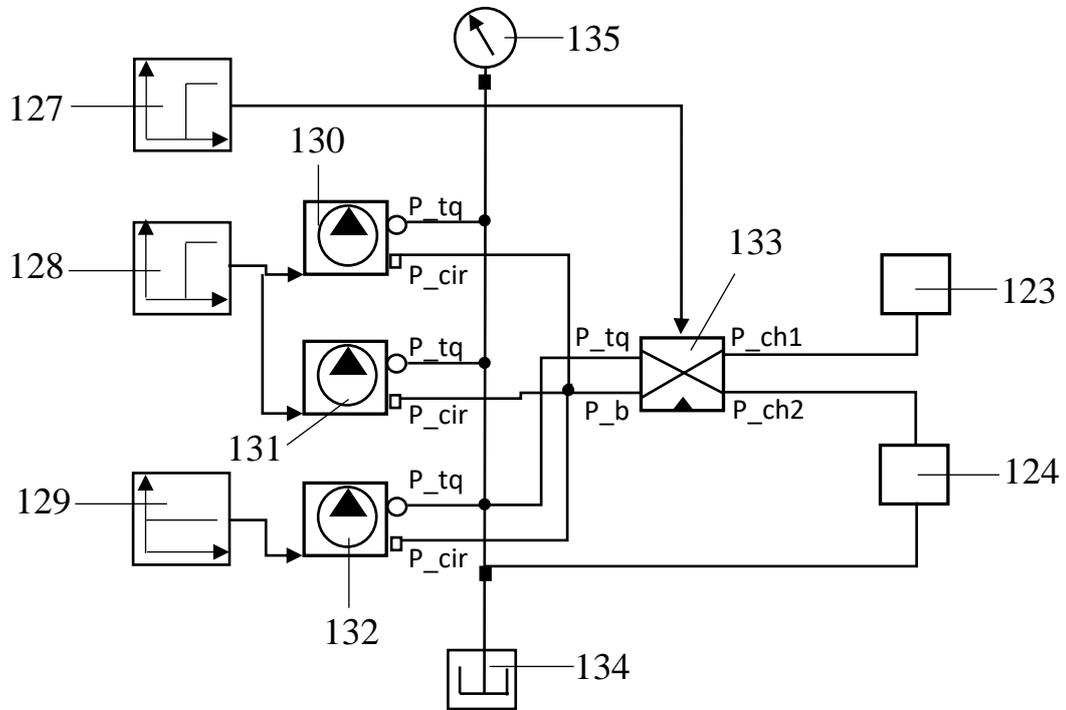


Figura 10b

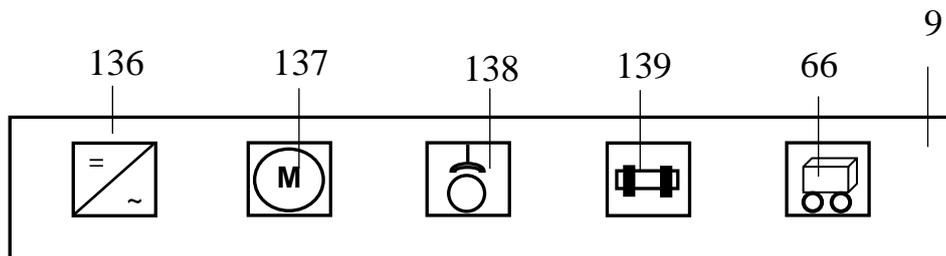


Figura 11

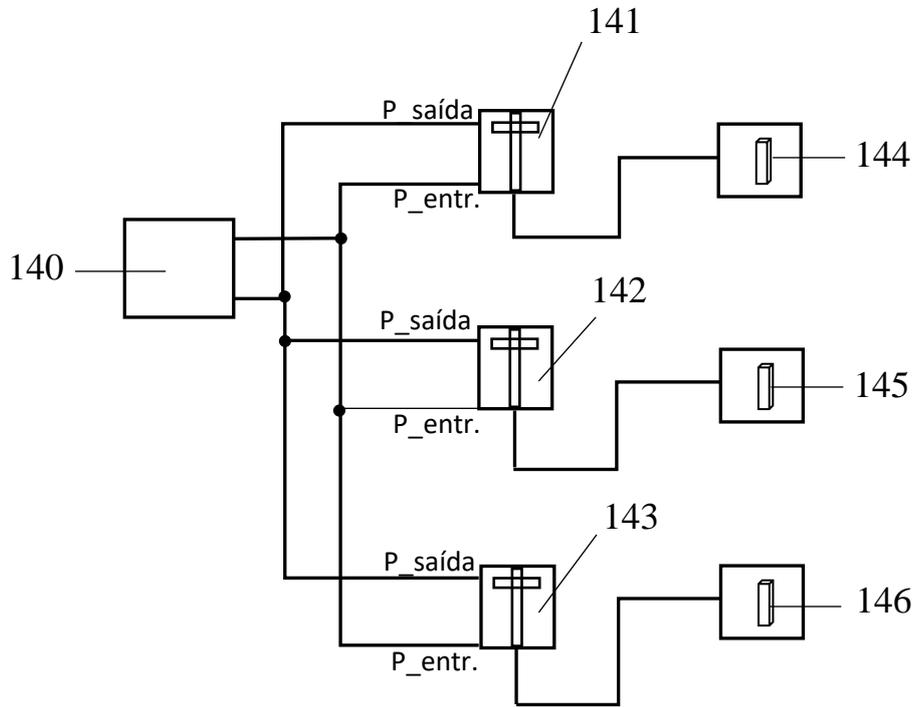


Figura 12

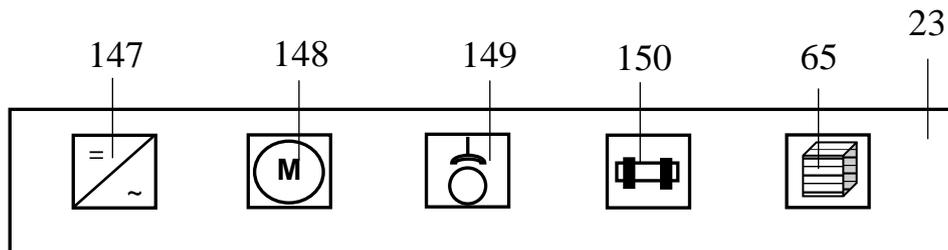


Figura 13

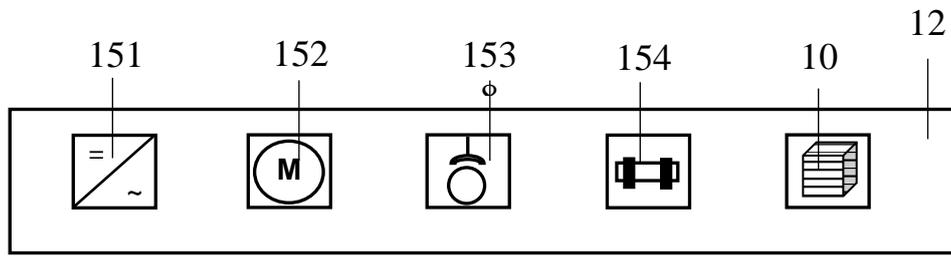


Figura 14

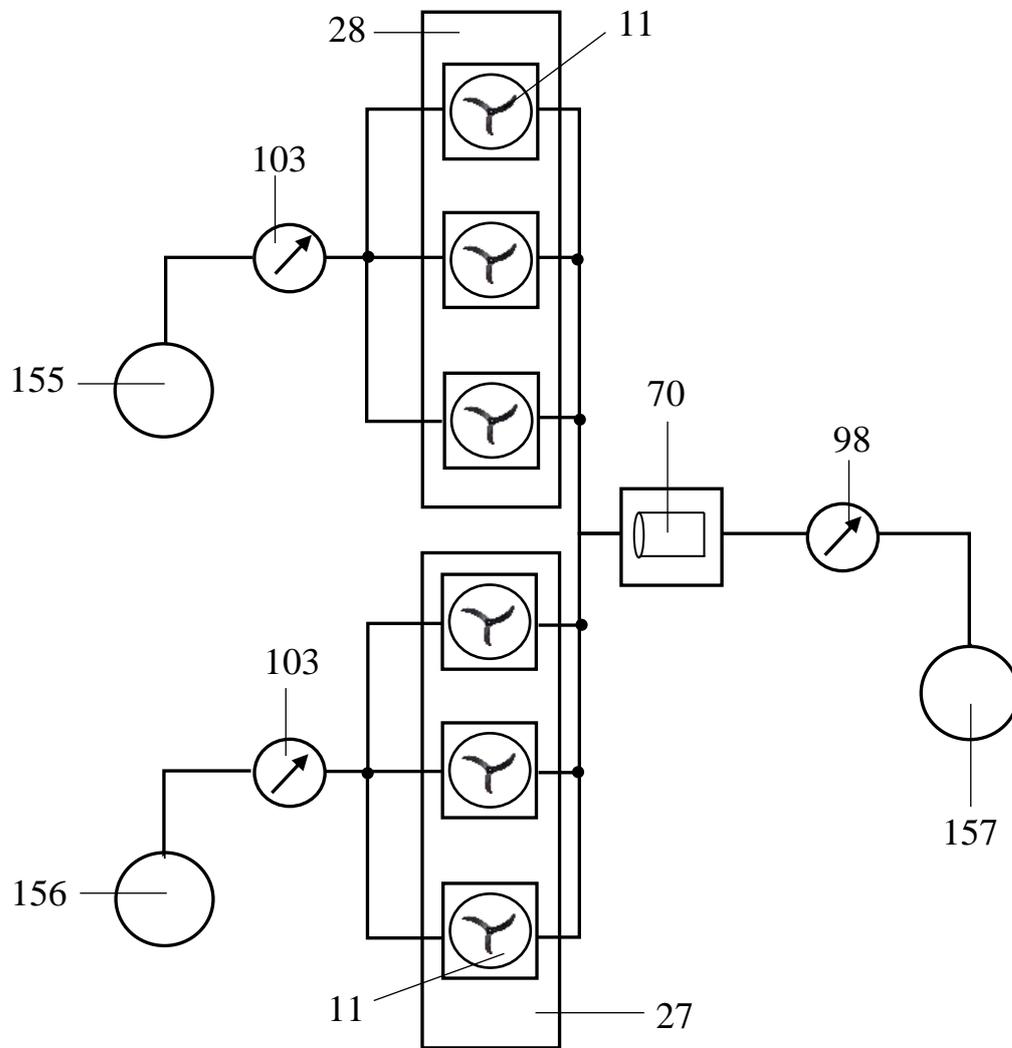


Figura 15a

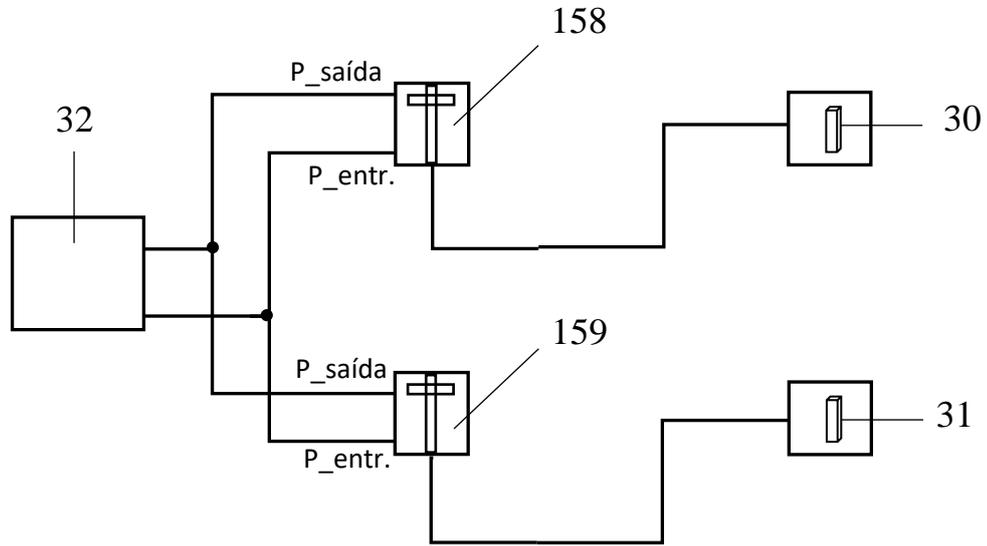


Figura 15b

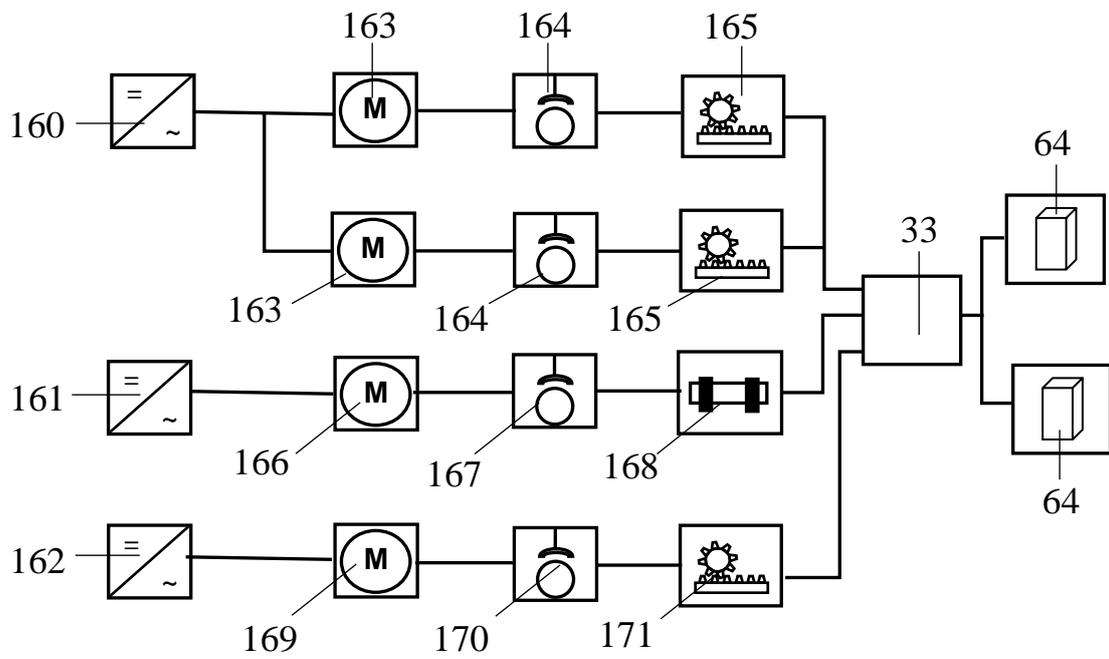


Figura 15c

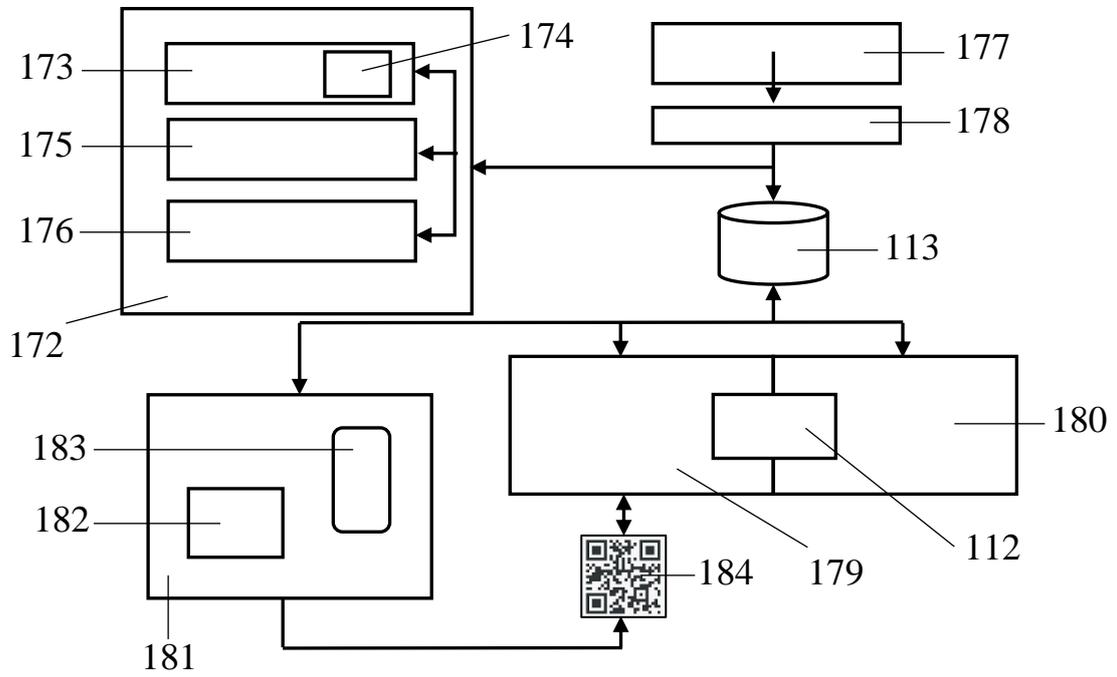


Figura 16

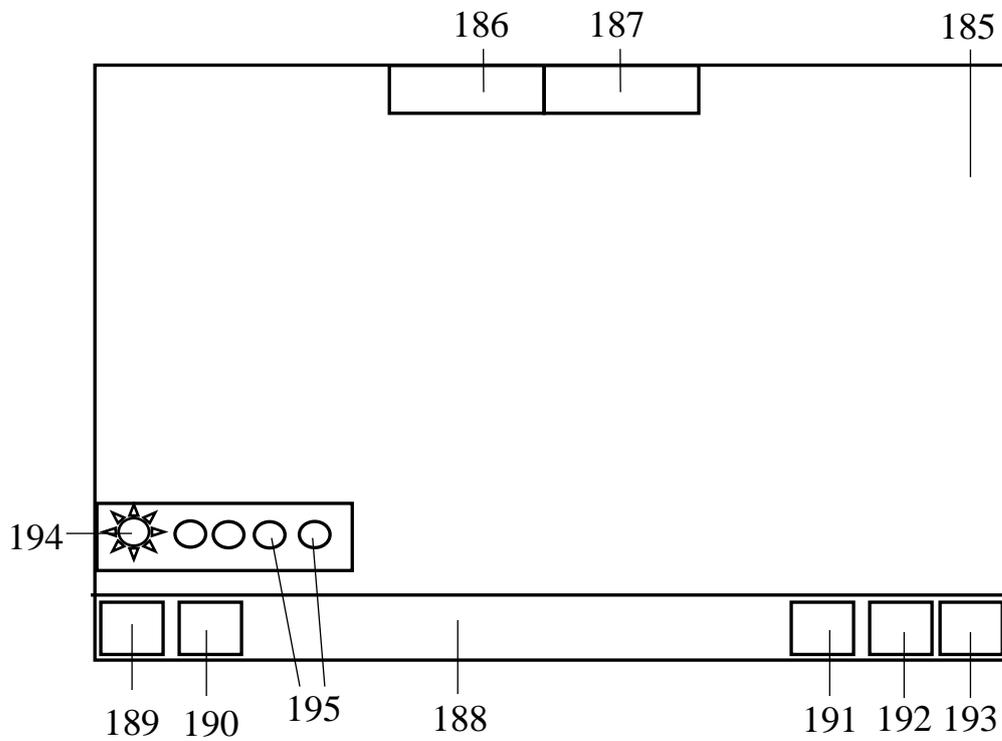


Figura 17a

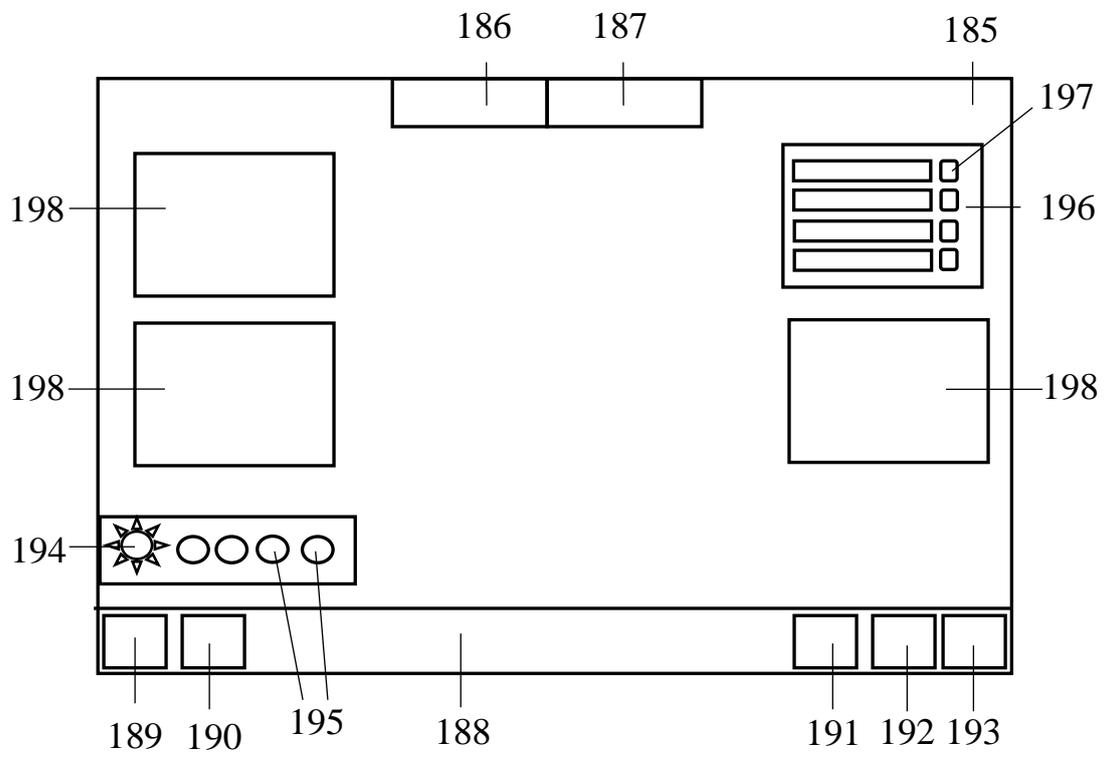


Figura 17b

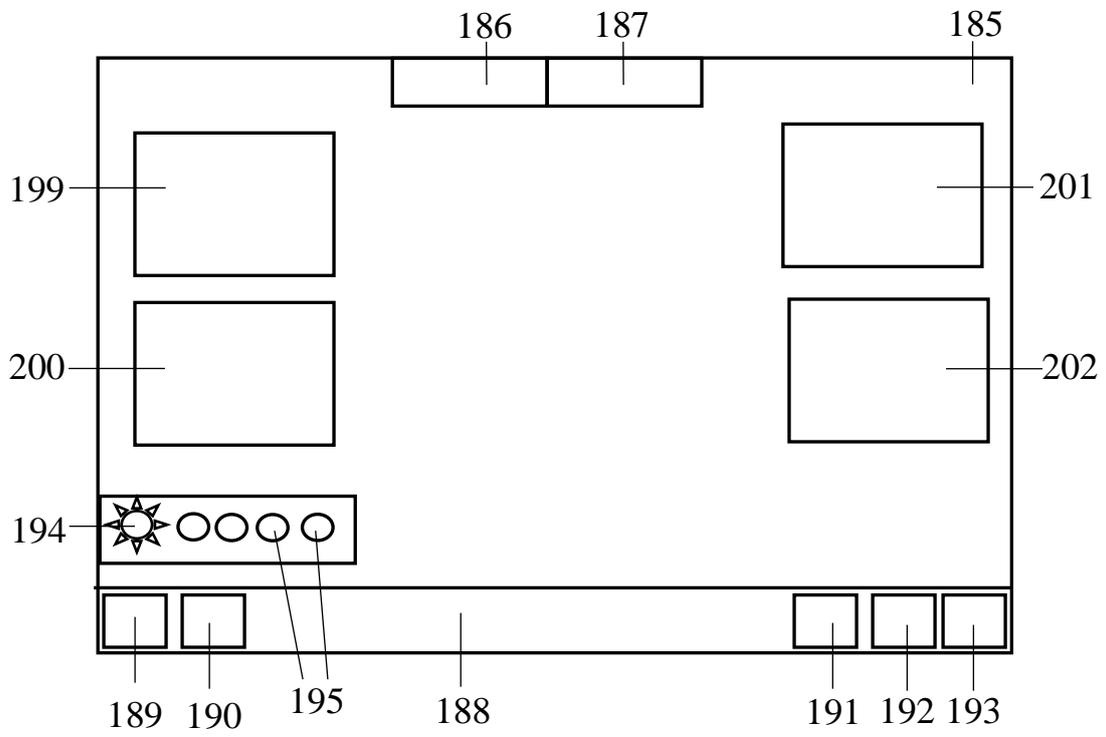


Figura 17c

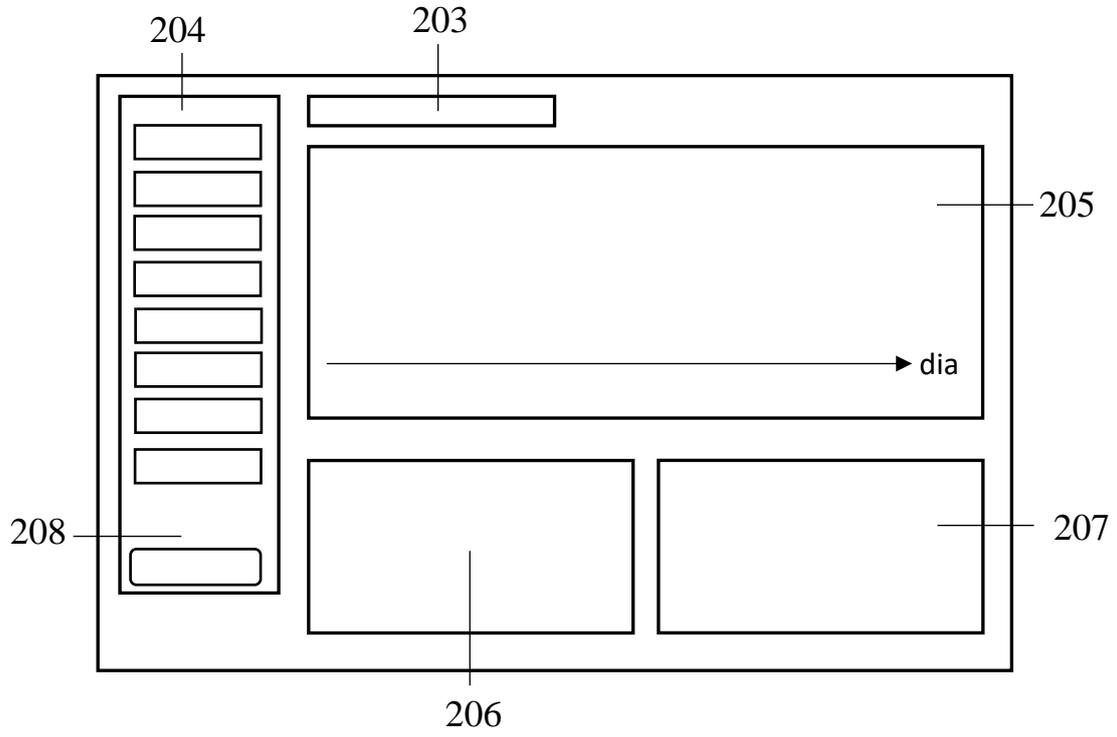


Figura 18

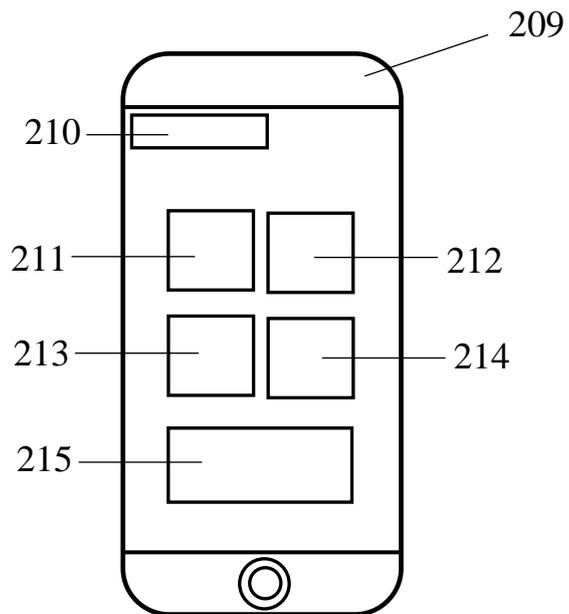


Figura 19a

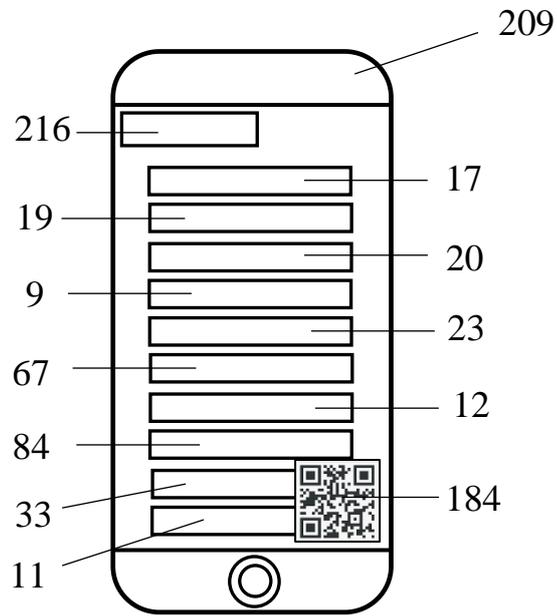


Figura 19b

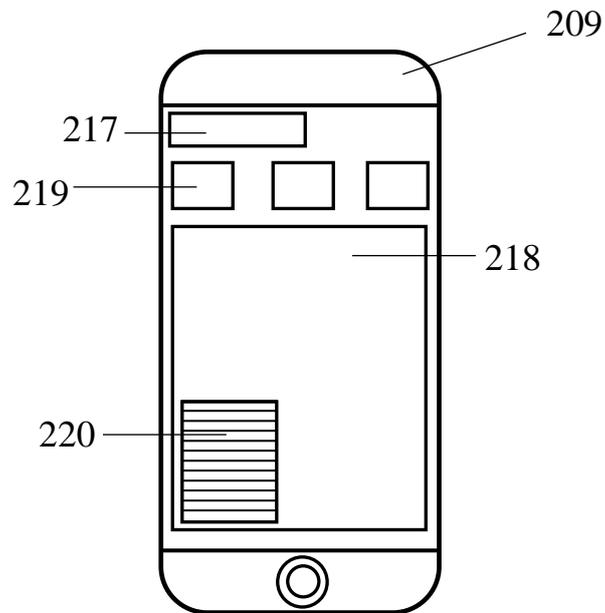


Figura 19c

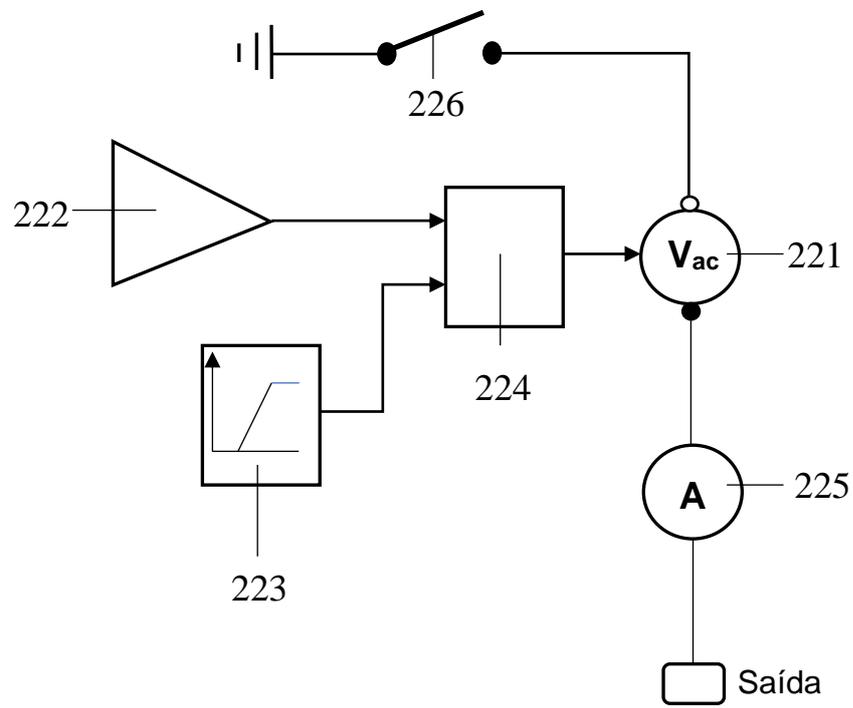


Figura 20a

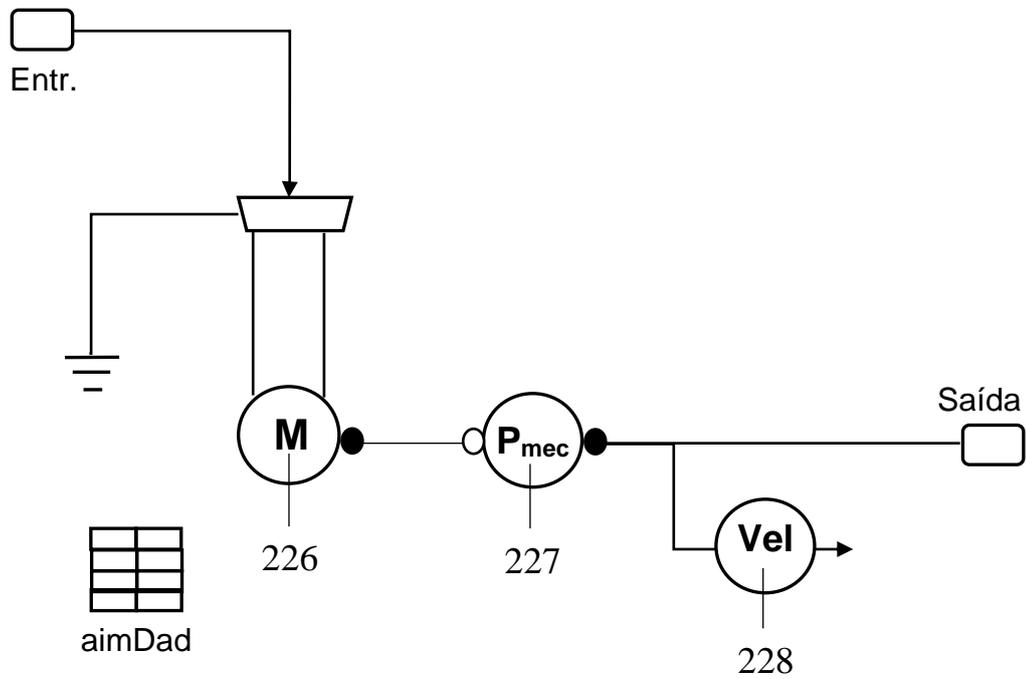


Figura 20b

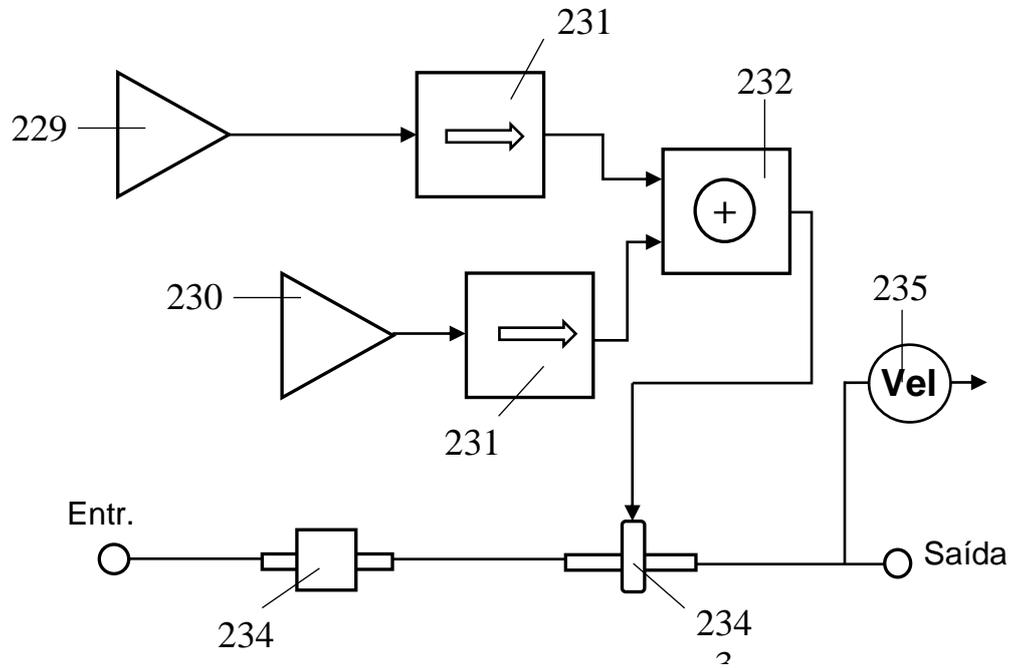


Figura 20c

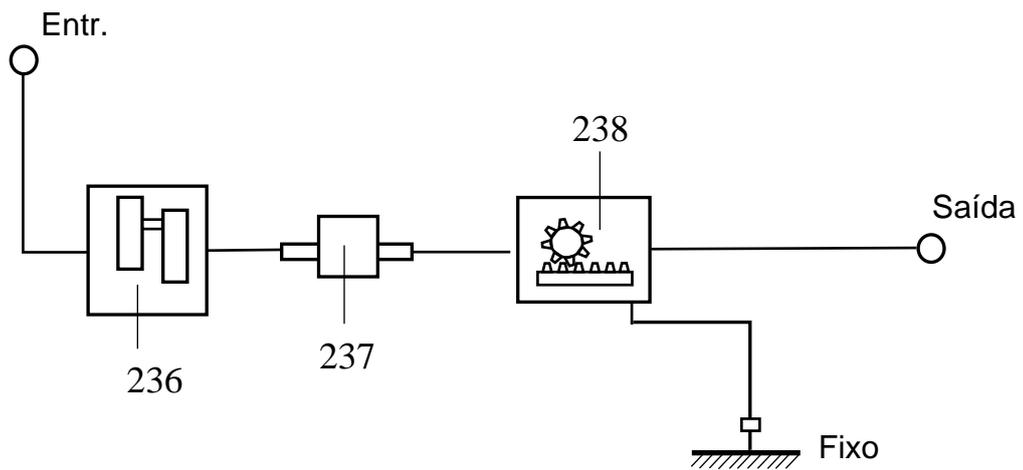


Figura 20d

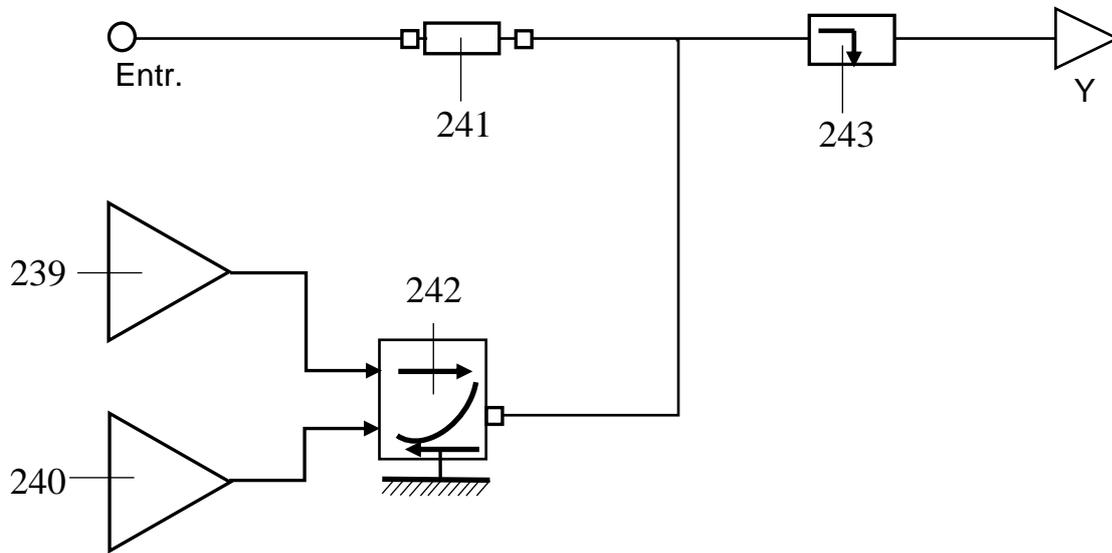


Figura 20e

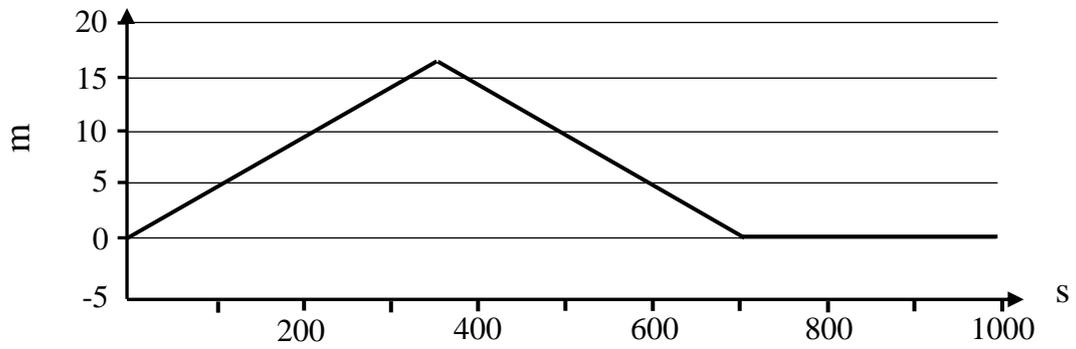


Figura 21a

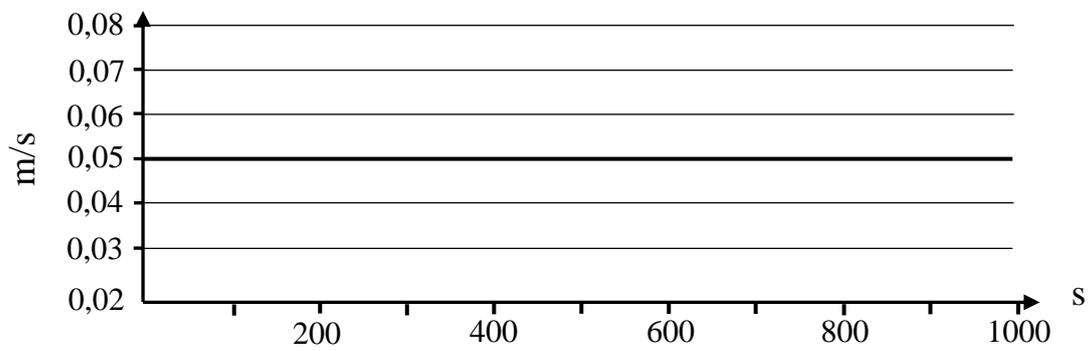


Figura 21b

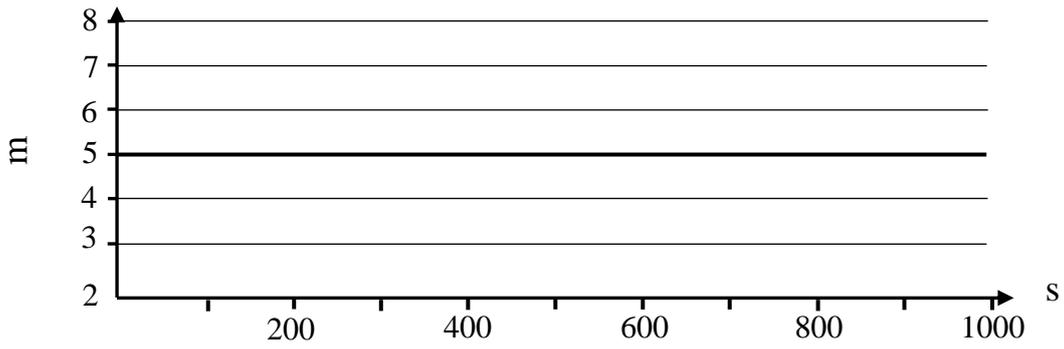


Figura 21c

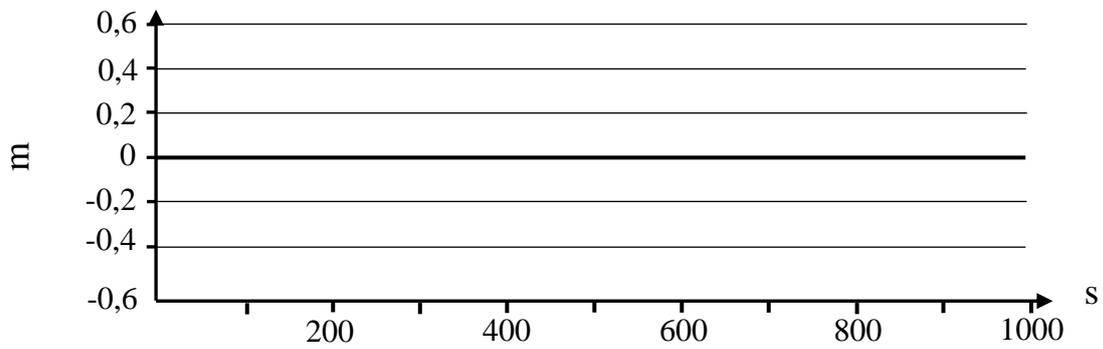
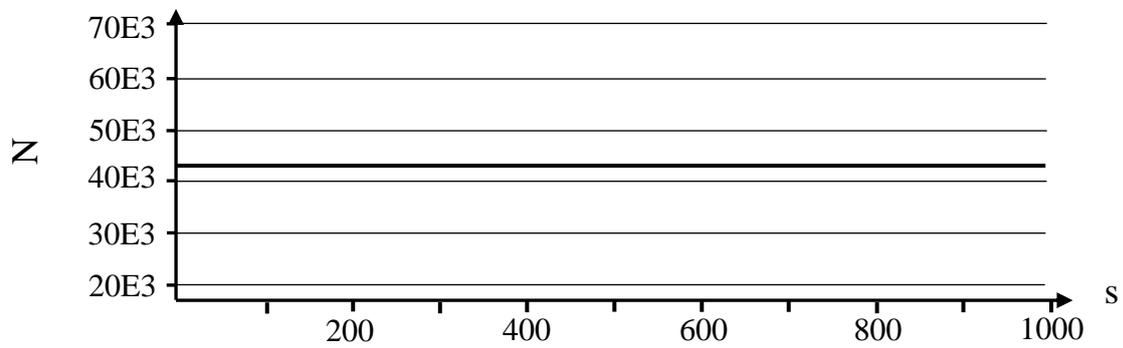
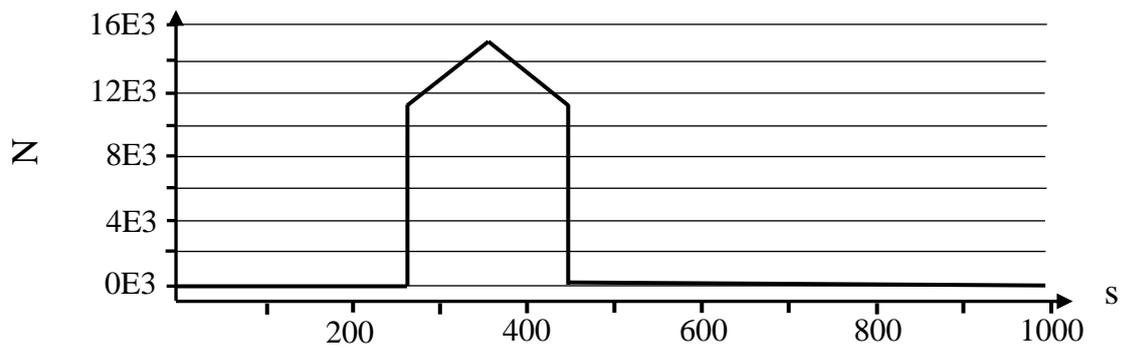
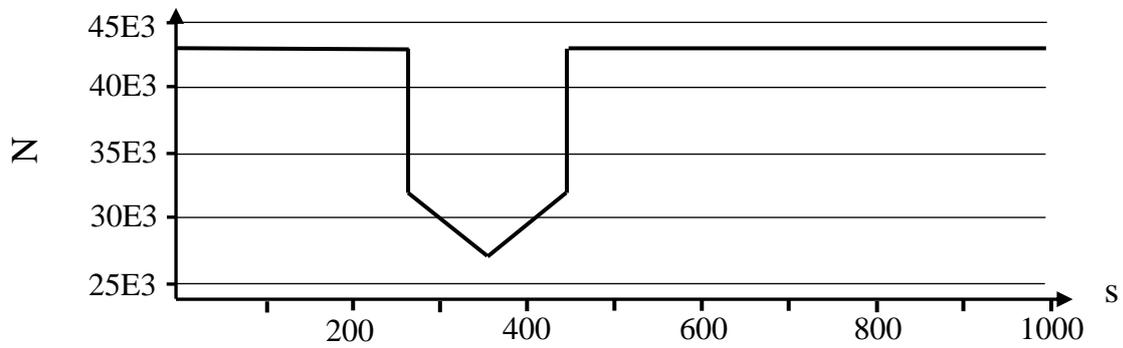
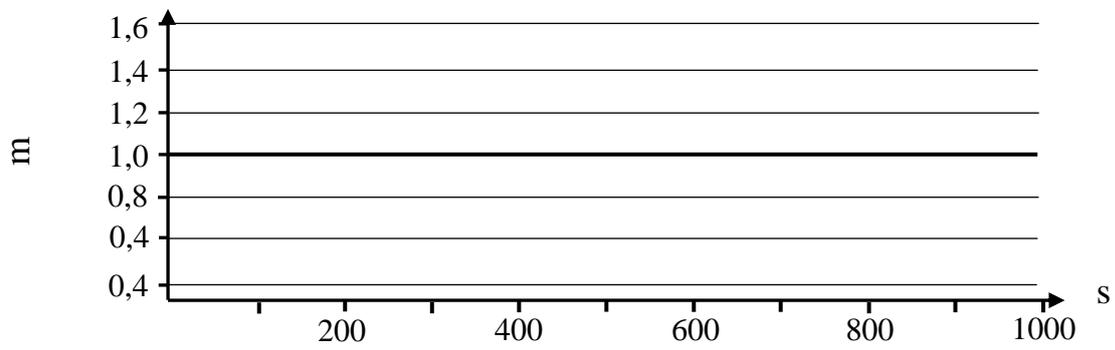
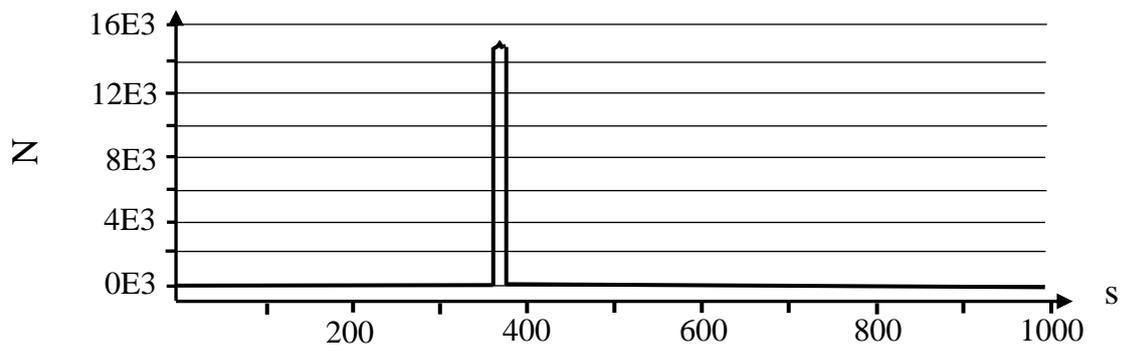
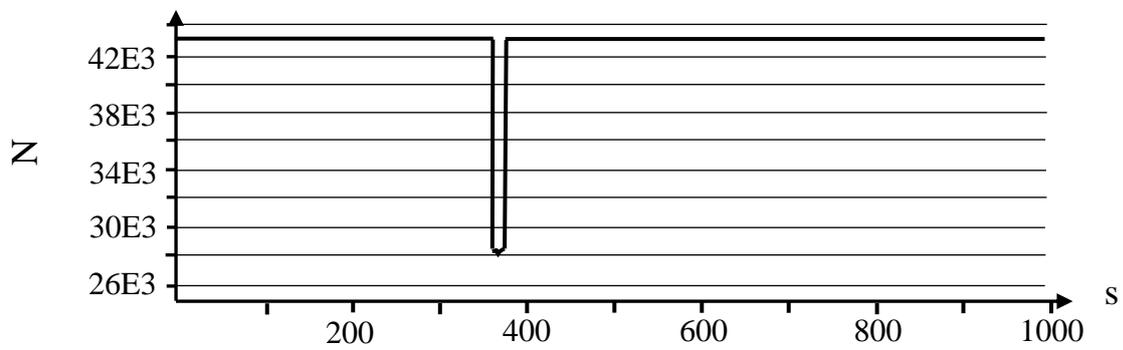


Figura 21d

**Figura 21e****Figura 21f****Figura 21g**

**Figura 21h****Figura 21i****Figura 21j**

RESUMO

Patente de Invenção “MÉTODO E SISTEMA DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO USANDO GÊMEO DIGITAL PARA SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO DE PEIXES TIPO ELEVADOR”. De acordo com a presente invenção, pertencente à área de geração hidrelétrica, refere-se a um método e sistema usando Gêmeo Digital – GD (35) para a otimização da operação e manutenção de um STP Tipo Elevador (1), via o monitoramento, supervisão, treinamento, gestão de manutenção e simulação de cenários. O sistema usa uma estrutura de comunicação em rede digital em que os CLPs e CLP-IHMs (178) estão ligados a um CLP-Concentrador (109) e seus dados disponibilizados no Banco de Dados (113), no Servidor (111) e na Internet (114); uma estrutura em softwares que constituem o Gêmeo Digital – GD (35) formada pelo Supervisório Web-3D (112), o Sistema de Gestão da Manutenção, SGM-GD (182), o Sistema de Gestão da Manutenção App, SGM-App (183) de aplicação móvel e o Escâner QR (184) que usa realidade aumentada para realizar inspeções com identificações e coletas das características técnicas dos equipamentos dos vários subsistemas.