



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 102020003444-8 A2



(22) Data do Depósito: 19/02/2020

(43) Data da Publicação Nacional: 31/08/2021

(54) **Título:** SISTEMA DE MONITORAMENTO DE ENCOSTAS EM TEMPO REAL POR EMISSÃO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICA NO SOLO

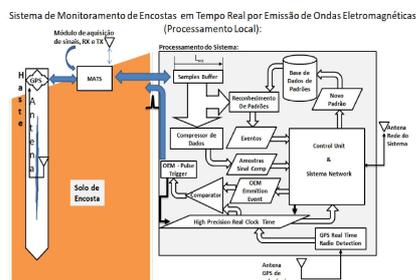
(51) **Int. Cl.:** G01V 1/00; G01N 33/24; H04W 88/02.

(52) **CPC:** G01V 1/003; G01N 33/24; H04W 88/02.

(71) **Depositante(es):** INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO; UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO.

(72) **Inventor(es):** GILMAR GONÇALVES DE BRITO; ROBERTO QUENTAL COUTINHO; DIOGO LUCENA GOMES DE MELO.

(57) **Resumo:** Um sistema capaz de monitorar encostas ou taludes em tempo real por meio de emissão de ondas eletromagnéticas no solo, este sistema é constituído por: 1º) um sistema com no mínimo dois rádio transceptor, sendo ideal são três rádios transceptor, podendo ser mais de três rádios transceptor, a depender do tipo de encostas, da sua extensão, ou do projeto, entendendo que para que possa haver a triangulação deste sinal é necessário um número maior ou igual a três rádios transceptor; 2º) para cada rádio transceptor uma antena (haste) introduzida no solo no local a ser monitorado; 3º) um módulo de aquisição de dados, que recebe os sinais e processa (trata, filtra); 4º) um sistema de rede lógica (WIFI, TDMA, CDMA GSM-PGRS ou outra tecnologia de comunicação) para acesso ao mundo externo, fora do solo, interconectando com a internet, dentro do conceito IOT (Internet Of Things), comunicando com o próximo módulo; 5º) o módulo responsável pelo processamento, armazenamento, produção da série histórica dos eventos monitorados, aplicação dos filtros específicos, dos modelos matemáticos, estatísticos e probabilísticos, e geração dos gráficos em 3D, e dos envios das informações ao próximo módulo e; 6º) o banco de dados podendo ser (...).



“SISTEMA DE MONITORAMENTO DE ENCOSTAS EM TEMPO REAL POR EMISSÃO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICA NO SOLO”

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] O presente pedido de patente de invenção trata-se de um sistema capaz de monitorar encostas ou taludes em tempo real por meio de emissão de ondas eletromagnéticas no solo, este sistema é constituído por: 1º) um sistema com no mínimo dois rádio transceptores de ondas eletromagnéticas, sendo o ideal três rádios transceptores, podendo ser mais de três rádios transceptores, a depender do tipo de encostas, da sua extensão, ou do projeto, entendendo que para que possa haver a triangulação deste sinal é necessário um número maior ou igual a três rádios transceptores; 2º) para cada rádio transceptor existe uma antena (haste) introduzida no solo ou local a ser monitorado; 3º) um módulo de aquisição de dados, que recebe os sinais e os processa (trata); 4º) um sistema de rede lógica (WIFI, TDMA, CDMA GSM-PGRS ou outra tecnologia de comunicação) para acesso ao mundo externo, fora do solo, interconectando com a internet, dentro do conceito IOT (*Internet Of Things*), comunicando com o próximo módulo; 5º) um módulo de processamento e armazenamento de dados, local de aplicação dos filtros específicos, dos modelos matemáticos, estatísticos e probabilísticos, onde são gerados a produção dos dados, e; 6º) um banco de dados podendo ser nas nuvens ou em local físico, módulo de armazenamento das evoluções da área monitorada, ela entregará as informações processadas em forma de gráfico e sua evolução no tempo da área monitorada para a defesa civil e ou outros órgãos de competência, a fim de realizarem as devidas avaliações técnicas. Os processos de monitoramento dar-se por meio de inclinômetro geotécnico convencional.

ANTECEDENTES

[002] Atualmente o inclinômetro manual ou semiautomático, é composto por: (i) torpedos-padrão 25 mm do tipo deslizante contendo os sensores de inclinação, sendo guiado por roldanas auto alinhável o que mantem o torpedo no centro do tubo, a distância

entre as roldanas é de 50 cm, sendo também a distância entre as leituras consecutivamente; (ii) unidade onde se registra as leituras e posteriormente processa as informações e; (iii) o tubo de acesso do inclinômetro, normalmente em alumínio, plástico ou PVC ranhurado com diâmetro nominal de 85 mm e em seções de 3 m de comprimento, Este processo exige a presença do técnico para a execução das leituras, o que expõe em perigo por está em área de riscos além de todo o estágio para o processamento das informações, não podendo obter informações dos momento dos registros nem associar a tias eventos externos.

[003] Atualmente, existem alguns modelos de processo de monitoramento de encosta como a patente JP2007155550 – “*System for Detecting Collapse of sloping Land*”, datado em 06.12.2005, refere-se à utilização de um dispositivo de fibra óptica distribuído ao longo da encosta.

[004] A patente JP2007128187 - “*Radio frequêncy identification*”, neste invento a comunicação se dá por meio de um sistema de comunicação baseado em RFID (*RFID tags*), neste invento foi levado em conta apenas um tipo de sensor para a medição de um único parâmetro que é a aceleração associado aos movimentos da referida encosta monitorada.

[005] A patente WO/2010086584 – “*Apparatus and Method for Monitoring Soil Slope Displacement Rate by Acoustic Emissions*”, datado de 29.01 2009, consiste na introdução de guia de ondas nas encostas a serem monitoradas que envia as ondas para um sensor acústico.

[006] a Patente CN102354432 – “*Landslip and bedris flow early warning system based on MESH network*”, constituído por um pluviômetro, sensor de pressão, extensômetro e fibra óptica. As informações produzidas pelos sensores são encaminhadas a uma rede lógica (MESH).

[007] A patente BR 10 2018 0033123 Sistema Multiparamétrico de Monitoramento de Encosta em Tempo Real, a invenção trata de um Sistema de Monitoramento visando prever risco de deslizamento da encosta monitorada com antecedência temporal e fornecer informações geotécnicas da referida encosta utilizando vários parâmetros.

[008] Com o intuito de solucionar tais problemas desenvolveu-se a presente invenção que contribuirá nos monitoramentos de encostas e taludes produzindo informações relevantes na área monitorada sem oferecer ao técnico risco de acidentes para a obtenção das informações, o qual receberá as informações em tempo real de todos os acontecimentos com registro (relatório) do momento exato em que acontecerem, em seu sistema *mobile* ou em um terminal de computador, podendo ser comparado com eventos externos, (chuvas, tremor de terra no local ou nas proximidades) este equipamento apresentará como informações os relevantes dados sobre: (i) teor de umidade; (ii) percolação da área (média); (iii) surgimento de cisalhamento interno; (iv) presença e ou variação do lençol freático (v) presença ou surgimento de fissuras; (vi) grau de compactação; (vii) presença de anomalias magnéticas; (viii) presença de rochas e por fim, a variação da mecânica do solo; (iv) características da condutividade elétrica do terreno, são dados que não é função do inclinômetro.

[009] Sabendo que ondas são pulsos energéticos que se propagam no espaço o qual sua propagação depende da constante dielétrica do meio, ou seja, para cada meio existe uma constante dielétrica (ar, líquidos, sólidos e gasosos) conforme a equação de Maxwell, além de que, para uma onda transpassar um meio, outro fator preponderante é a frequência desta onda ressonando neste meio, dentro destes conceitos este o sistema produz ondas eletromagnéticas com frequências específicas que são emitidas neste meio (solo) no qual ha uma constante dielétrico característica deste meio (solo).

[010] Usamos para emissão desta onda um rádios transceptor com as frequências específicas que conseguem transpassar os sólidos (solos e rocas) a distâncias maiores que 100 metros de raio, conceitualmente entendemos que há um processo natural da variação da constante dielétrica do meio (solo) em função da presença da água, que proporciona variação da atenuação da propagação destas ondas, o qual é diretamente proporcional, ou seja, aumenta a umidade aumenta a atenuação desta forma pode se relacionar a atenuação ao teor médio de umidade deste solo, além de poder classificá-lo quanto grau de percolação, porosidade compactação dentre outras grandezas com relação à mecânica dos solos. Desta forma entendemos que, à medida que a água vai

penetrando no solo com o passar do tempo em caso de chuva, parte desta água escoar e parte penetra no solo o que vai atenuando a propagação das ondas emitidas neste solo, a velocidade destas atenuações, que é proporcional a da entrada da água no solo, que poderá caracterizar o tipo de solo (siltoso argiloso e arenoso) ou do grau de compactação. Quando alteração na atenuação do sinal acontece de forma brusca e o sinal retorna com características diferente da anterior e suas das alterações naturais, e são sobrepostas das características após as alterações, é indício forte de cisalhamento ou algo semelhante aconteceu, podendo indicar um surgimento de fissuras, ainda dentro do mesmo conceito, as facilidades em que estas ondas transpassam estes meio está diretamente relacionado com a condutividade elétrica deste meio é mais um parâmetro que pode ser definido.

[011] Quando se trata o sinal aplicando as equações de Fourier, se consegue detalhamento dos espectros das ondas, as quais pode se perceber as variações das ondas como refrações, reflexões, difrações, interferências e a ressonância destas ondas, e aplicando Inteligência Artificial-IA, modelos matemáticos, probabilísticos e estatísticos, com estes dados pode se consolidar as informações já mencionadas e atribuir outras como as anomalias magnéticas e conseqüentemente o grau de compactação deste referido solo, ou seja, com a emissão das ondas eletromagnéticas no solo e tratamento adequado destas ondas pode se determinar e observa parte dos fenômenos da mecânica do solo em tempo real, fazer previsibilidades de rico com maior precisão, contribuindo nos estudos e no conhecimento desta ciência em geral.

[012] A primeira parte do sistema de monitoramento de encostas em tempo real por emissão de ondas eletromagnética no solo é constituída por no mínimo dois rádios transceptores e duas antenas, que será introduzida no solo, porém, para que possa se obter a triangulação das informações são necessários no mínimo três rádio transmissor e duas antenas, igualmente introduzida no solo. Estes rádios são os responsáveis para produzir as ondas nas frequências específicas e por meio das antenas são emitidos no solo, os sinais transmitidos e recebidos pelas respectivas suas respectivas antenas são direcionados a unidade de pré-processamento localizados na parte superior das

antenas, numa caixa contendo uma unidade de processamento com sistemas de software específicos para aplicar as equações de tratamento e repassar os sinais para os próximos passos.

[013] o princípio de funcionamento para a emissão e conseqüentemente recepção dos sinais é: O rádio 01 emite um pulso de onda, neste mesmo momento um relógio de precisão sincronizado com os três rádios (01, 02 e 03), e começa a contar o tempo, os demais rádios (02 e 03) ficam no estado de audição ativado, quando os rádios 02 e 03 detectam os sinais registra se os tempos de chegada e os enviam para a unidade de pré-processamento, agora é a vez do próximo rádio (02) que produz a onda e os envia, de igual modo tal como aconteceu no rádio 01, se repetirá no rádio 02 e nos demais rádios, o processo ou estratégia é a mesma podendo ser alterada para eventual confirmação de dados, estes sinais são enviando para os processamentos e definido os processos.

[014] para cada rádio transceptor uma antena, (haste) é introduzida no solo a ser monitorado e outra antena é colocada no ar, para a comunicação do local monitorado com o mundo externo, utilizando as tecnologias atuais de transmissão e recepção de dados, como uma rede lógica própria ou sistemas já consagrados e normatizados como: WIFI, TDMA, CDMA GSM-PGRS ou outras tecnologias de comunicação principalmente as que envolvem os conceitos IOT (*Internet Of Things*). O módulo de aquisição de dados é constituído por um sistema microprocessador, que recebe os sinais de ondas e proprocessa-os (trata, filtra) e repassa para os próximos módulos com as devidas indicações (endereços) das origens de cada pacote com seus respectivos sinais; este módulo recebe os sinais já pre-processados com seus devidos endereços (origens) neste processo final aplica se filtros específicos, inteligência artificial-IA e rede neural, ou seja, modelos matemáticos, estatísticos e probabilísticos com relação aos dados produzindo, as informações referentes às análises de ricos, previsibilidade com precisão podendo chegar mais de 90% de certeza, a depender do grau de aprendizagem com IA, caracterizando os eventos em questão em tempo real, de armazenando dados, podendo produzir a série histórica dos eventos, desde o início

do monitoramento; 6º um banco de dados podendo ser nas nuvens ou em local físico, módulo de armazenamento das evoluções da área monitorada, ela entregará as informações processadas em forma de gráfico e a evolução no tempo da área monitorada à defesa civil e ou outros órgãos de competência, para as devidas avaliações técnicas.

[015] Depois dos sinais processados e prontos eles são enviados em forma de gráfico em três dimensões (3D), às pessoas credenciadas e ou aos órgãos de competências da internete ou outros sistemas já mencionados, seja eles direcionados a aplicativos em sistema mobile ou em terminais de computadores em locais específicos, este local de processamento pode ser em um local físico ou nas nuvens uma vês que utilizamos programas (*software*) específicos que proporcionas a possibilidade de realizar estes processamentos nas nuvens não dependendo de um local físico para este feito, apenas de possível licença para uso de determinado software.

[016] A invenção poderá ser melhor compreendida através da seguinte descrição detalhada, em consonância com as figuras em anexo, onde:

[017] **A FIGURA 01** representa um fluxograma da forma em que se processa localmente (Módulo de Aquisição e Transmissão de Sinais) as ondas que se propagam pelo solo por meio de uma antena introduzida no mesmo, solo, e a forma como os sinais são processados e transmitidos e recebidos pelo solo, uma função, e outro tipo de onda que se propaga pelo ar;

[018] **A FIGURA 02** representa o mecanismo ou estratégia utilizada para se calcular as atenuações das ondas eletromagnéticas emitidas no solo assim como as análise do espectro destas mesmas onda e a forma de se triangular estes sinais;

[019] **A FIGURA 03** representa a etapa do processo do reconhecimento dos padrões, e o processo de aprendizagem do sistema, a aplicação da rede neural e as análises da serie histórica para o processo de autoaprendizagem.

[020] **A FIGURA 04** representa os detalhes do sistema de processamento de dados na central de monitoramento, para se produzir a análise de risco de deslizamento de encostas e taludes.

[021] Com referência a estas figuras, pode-se observar na **Figura 01** é constituída por uma haste, (é um cano vedados à parte de baixo e de cima), contendo no seu interior, uma antena, que está conectada a um rádio transceptor, um módulo GPS de precisão, ambos conectados a uma unidade de processamento aquisição e transmissão de sinais (MATS), porem este módulo é responsável por: (i) receber (RX), e transmitir (TX) as ondas no solo; (ii) por meio do GPS realizar a geolocalização e fazer uso do relógio (*time clock*) de precisão, sincronizando os diversos módulos do sistema no tempo; (iii) pré-processar as informações; (iv) transmitir e receber as informações para o próximo módulo. Porém para o pré-processamento segue o fluxograma: o sinais chega ao *Sample Buffer*, segue dois destinos: 1 uma amostra é enviado ao reconhecimento de padrões e a outra 2 amostra segue a um Compressor de Dados, depois a um processo de análise do comportamento desta amostra e por fim para a unidade de controle unitário, que havendo reconhecido padrão o armazena caso não dispensa a amostra, a amostra em que foi reconhecida o padrão é enviada ao próximo módulo. O Controle Unit, após este passo comanda a emissão de um pulso, paralelamente um relógio de precisão (*high Precision Real Clock Time*) registra este momento, e um pacote de informação é enviado ao próximo módulo (processamento) contendo todas as informações do pulso que foi enviado, do real momento do envio e do momento em que foi recebido.

[023] Com relação a **Figura 02**, temos um esquemático dos mecanismo de calculo e dos caminhos das ondas eletromagnéticas (OEM) da haste/antena 'A' à haste/antena 'B', e da haste/antena 'B' para a haste/antena 'A', ou ainda da haste/antena "A" para as hastes/antenas 'B', 'C', 'D' e da haste/antena 'B' para as hastes/antenas 'A', 'C', 'D' ou mais ou ainda da haste/antena 'C' para as hastes/antenas 'A', 'B', 'D', de forma a obter a emissão de recepção e transmissão das ondas enviadas e recebidas de todas as hastes/antenas em questão, nos fornecendo informações por onde estas ondas passam, e nos dando a possibilidade de realizar a triangulação das informações e obter com precisão a mecânica do solo em questão. Para os calculo de atenuação determinamos o tempo t_0 de envio da primeira onda (haste/antena o1) para as demais,

e t_1 o tempo chegada desta onda (haste/antena 02, 03, 04 ou mais) e assim sucessivamente seguindo a lógica demonstrada acima. A análise da espectrometria aplica-se à transformada rápida de Fourier (TRF) calculando e analisando as devidas ondas obteremos informações importantíssimas das características por onde estas ondas passaram.

[024] Com relação a **Figura 03**, esquematizamos os processos de aprendizagem do sistema, que ocorre assim: todos os eventos que fogem de um determinado padrão (calmaria) são registrados e armazenados num banco de dados, sendo utilizado para a série histórica, enquanto isso um sistema de redes neurais vai analisando e determinando o que é risco ou não, ou seja, a série histórica fornece informações, associadas a informações externas à rede neural, que por sua vez vai aprendendo e determinando o que é cada evento, sendo este confirmado pelo pessoal técnico.

[025] Com relação a **Figura 04**, é uma demonstração do processo na central de processamento, que pode ser local ou nas nuvens, ela é capaz de processar todas as informações oriundas do sistema classificar os riscos e encaminhar aos órgãos de competência, esse processo acontece assim: As amostras chegam a um classificador de sinais, nele haverá o reconhecimento de padrões, estes padrões passam pelo processo de aprendizagem no qual são classificados em T-0 a T-6, em função do grau do sinal classificam como Sinal do Tipo 1 a tipo n, esta tabela é comparada com prováveis deslizamentos, após o processo de aprendizagem, cuja risco é maior, logo após estimulamos a densidade das probabilidades de deslizamento associando aos tipos em função da probabilidade no tempo produzindo cores que identificam a degradação do risco produzindo mapas de riscos e níveis de alarmes.

REIVINDICAÇÕES

1. “SISTEMA DE MONITORAMENTO DE ENCOSTAS EM TEMPO REAL POR EMISSÃO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICA NO SOLO”, caracterizado por um sistema de haste/antena introduzida no solo no local de monitoramento da encosta e ou talude, que transmite (TX) e recebe (RX) ondas eletromagnéticas com frequência específica, este sistema utiliza se de modelos matemáticos, estatísticos e probabilísticos para a determinação com antecedência dos deslizamentos de encosta ou taludes e das análises de riscos destes ambientes assim como determinar parâmetros da mecânica dos solos: como teor de umidade, percolação, porosidade, condutividade elétrica, anomalias magnéticas, e cisalhamento. Isso em função da emissão das ondas eletromagnética de frequências específicas e das triangulações destes sinais.

2. “SISTEMA DE MONITORAMENTO DE ENCOSTAS EM TEMPO REAL POR EMISSÃO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICA NO SOLO.” de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pôr a uma unidade aquisição e tratamento e processamento de dados local, e um conjunto de transceptores que levantam as informações por meio de tecnologias disponíveis como intermete Wi-Fi, GSM, GPRS ou outras para outra unidade de tratamento externo.

3. “SISTEMA DE MONITORAMENTO DE ENCOSTAS EM TEMPO REAL POR EMISSÃO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICA NO SOLO.” de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pôr a uma unidade de tratamento externo, podendo ser nas nuvens ou em local físico responsável por todos os processamentos do sistema desde a aplicação de modelos matemáticos, estatísticos e probabilísticos, assim como os processos das series históricas e de aprendizagem até a formação de mapas de risco com seus respectivos sistemas de alarmes, cabendo a este módulo o envio das informações aos órgãos de responsabilidades e a aplicativos em sistemas *mobile* e de envio de mensagens quando em área de risco e as pessoas devidamente cadastrado.

4. “SISTEMA DE MONITORAMENTO DE ENCOSTAS EM TEMPO REAL POR EMISSÃO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICA NO SOLO.” de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pôr** um sistema que pode ser usado independente para a determinação de resistividade elétrica, das anomalias magnéticas e das variações de lençõs freáticos de determinado terreno ou área.

5. “SISTEMA DE MONITORAMENTO DE ENCOSTAS EM TEMPO REAL POR EMISSÃO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICA NO SOLO.” de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pôr** um sistema que pode ser usado para transmissão dos sinais o sistema de rede lógica dentro do com conceito IOT, ou seja, as hastes funcionam como sensores inteligentes e independentes que transmitem as informações pelo internete, ou no conceito das soluções das internete das coisas-HPE, com solução vertical, com o máximo de capacidade de expansão, modularidade e versatilidade, podendo obter o controle da rede.

FIGURAS

Figura 1

Sistema de Monitoramento de Encostas em Tempo Real por Emissão de Ondas Eletromagnéticas
(Processamento Local):

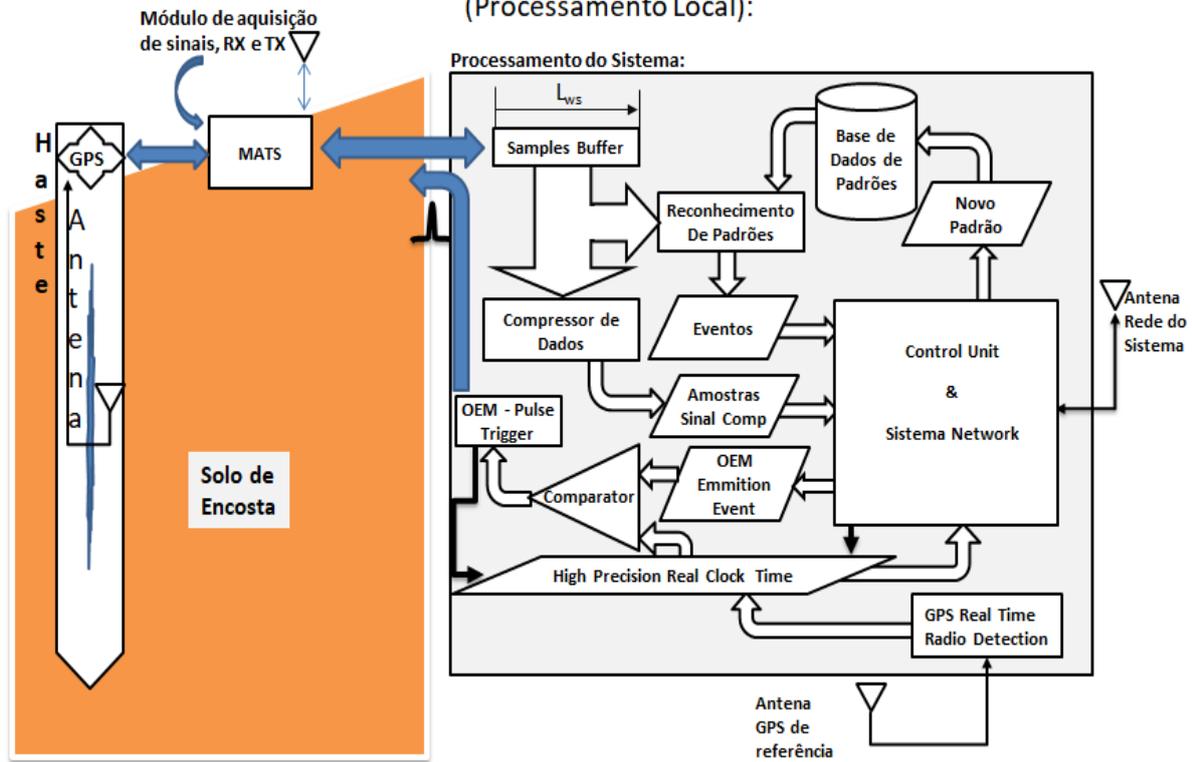


Figura 2

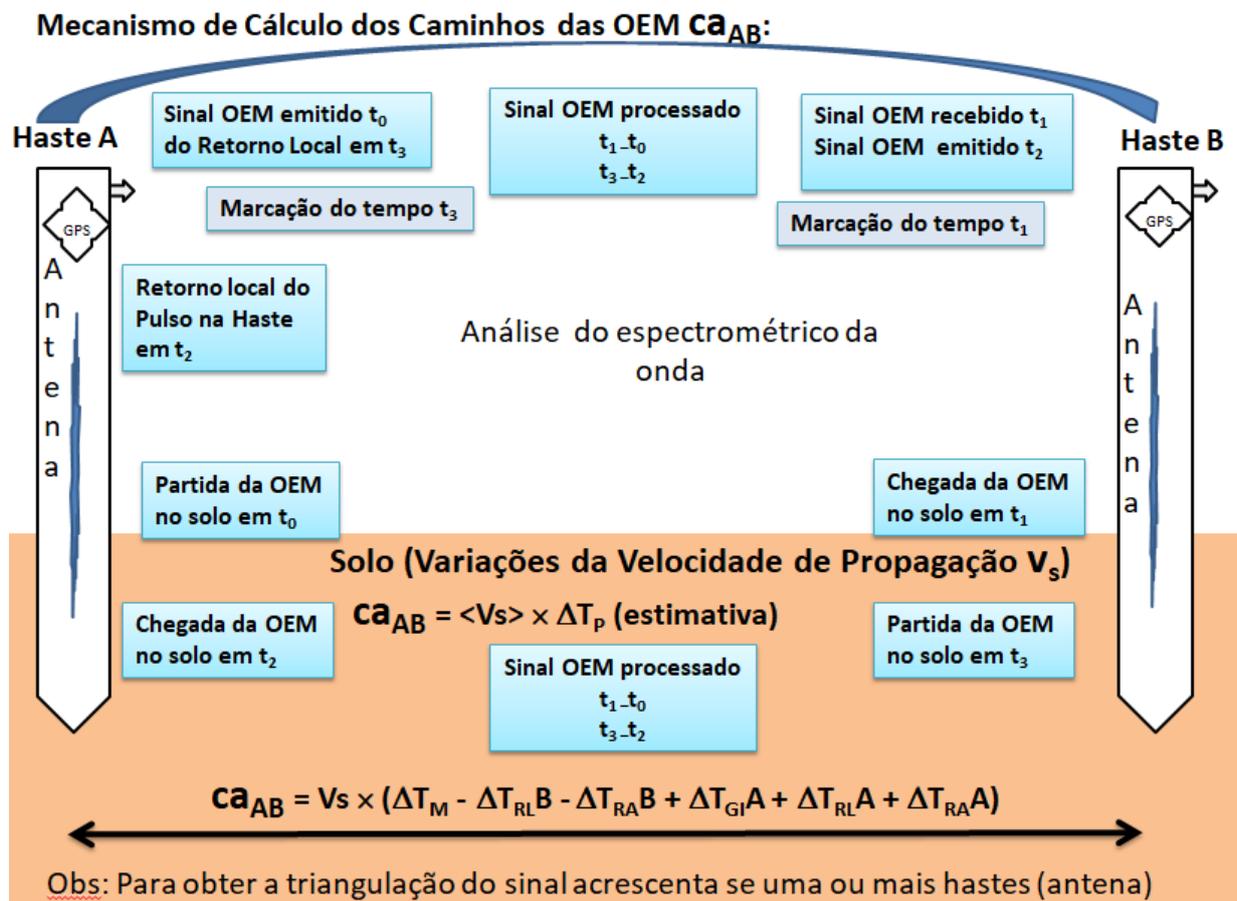


Figura 3

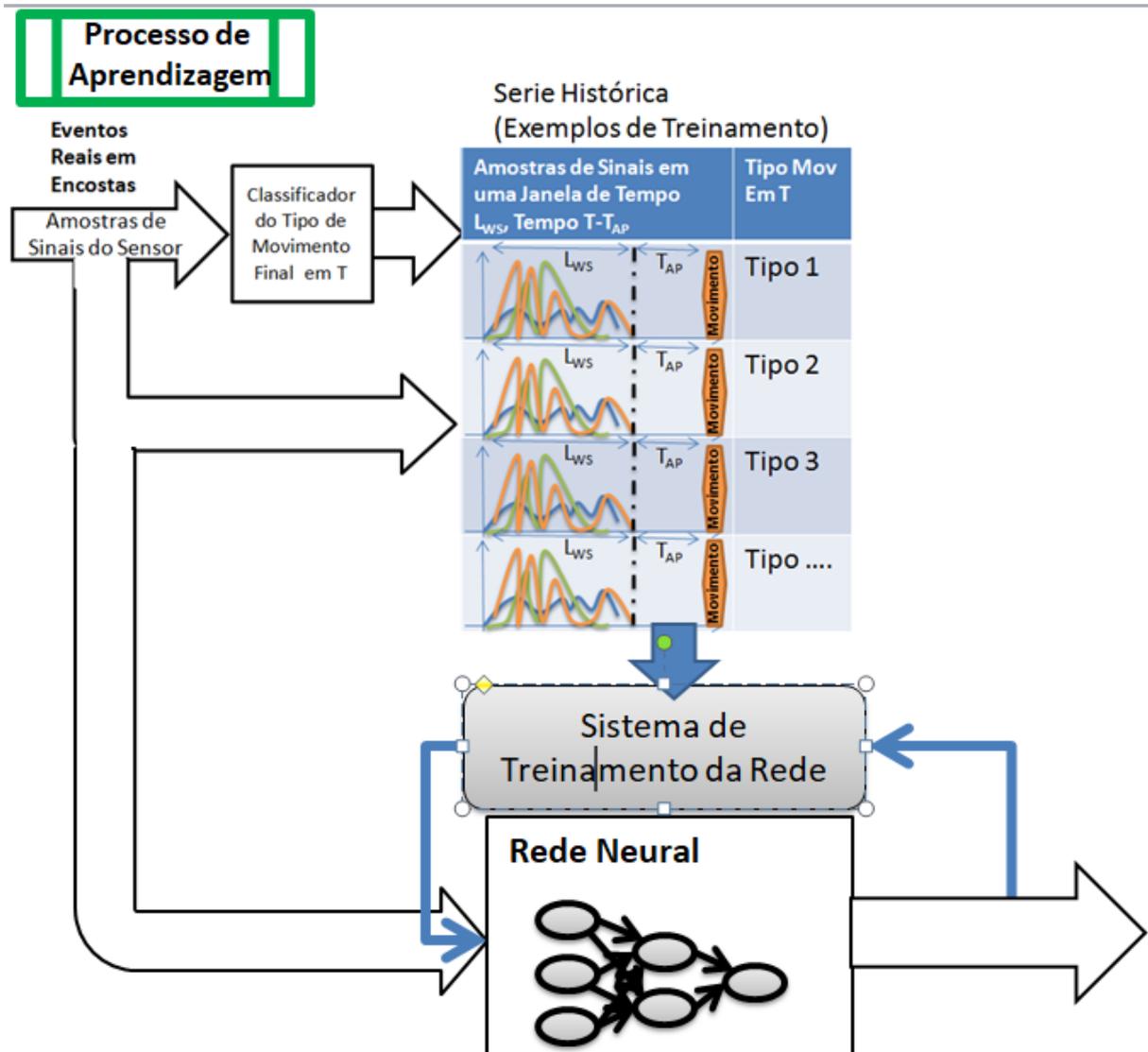
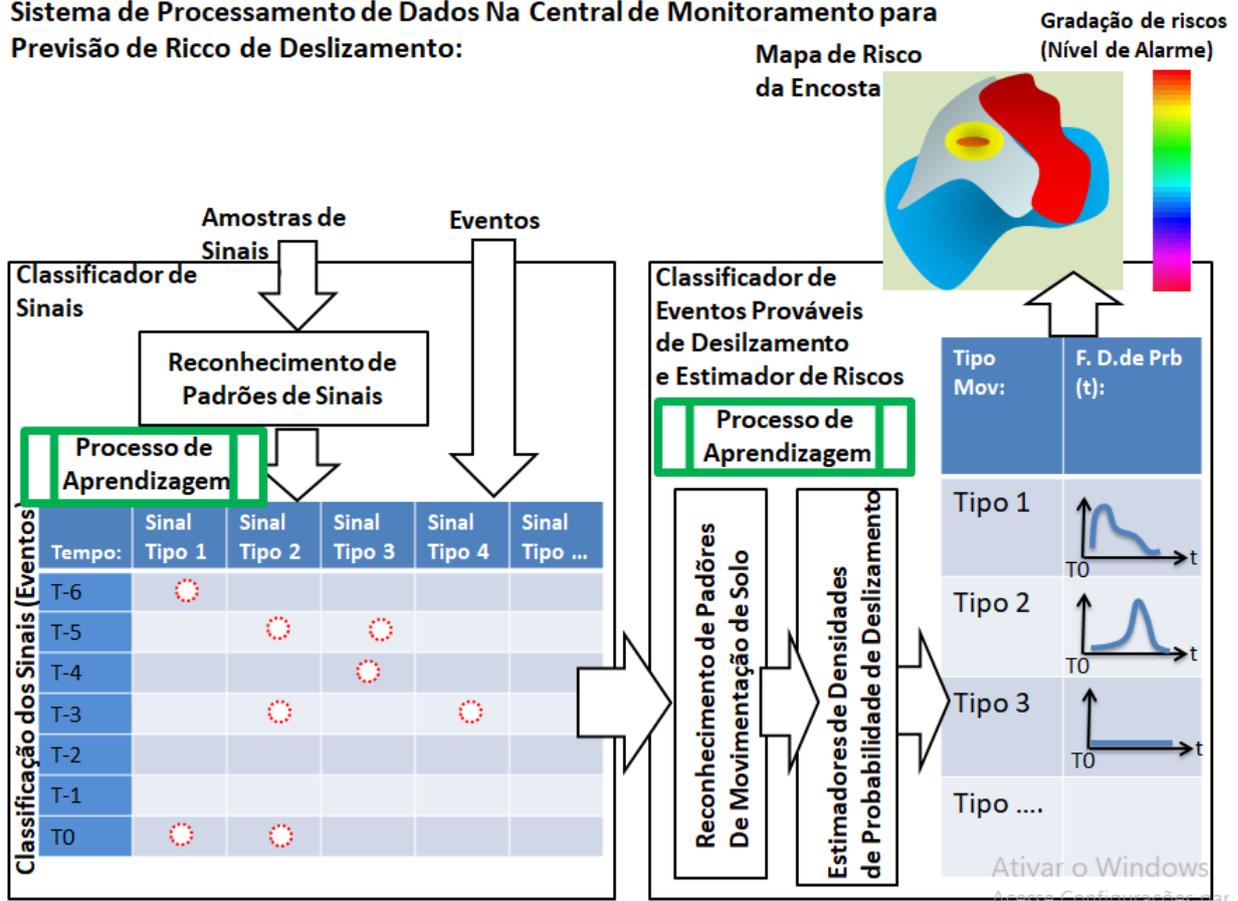


Figura 4

Sistema de Processamento de Dados Na Central de Monitoramento para Previsão de Risco de Deslizamento:



RESUMO

“SISTEMA DE MONITORAMENTO DE ENCOSTAS EM TEMPO REAL POR EMISSÃO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICA NO SOLO”

Um sistema capaz de monitorar encostas ou taludes em tempo real por meio de emissão de ondas eletromagnéticas no solo, este sistema é constituído por: 1º) um sistema com no mínimo dois rádio transceptor de ondas eletromagnéticas, sendo ideal são três rádios transceptor, podendo ser mais de três rádios transceptor, a depender do tipo de encostas, da sua extensão, ou do projeto, entendendo que para que possa haver a triangulação deste sinal é necessário um número maior ou igual a três rádios transceptor; 2º) para cada rádio transceptor uma antena (haste) introduzida no solo no local a ser monitorado; 3º) um módulo de aquisição de dados, que recebe os sinais e processa (trata, filtra); 4º) um sistema de rede lógica (WIFI, TDMA, CDMA GSM-PGRS ou outra tecnologia de comunicação) para acesso ao mundo externo, fora do solo, interconectando com a internet, dentro do conceito IOT (*Internet Of Things*), comunicando com o próximo módulo; 5º) o módulo responsável pelo processamento, armazenamento, produção da série histórica dos eventos monitorados, aplicação dos filtros específicos, dos modelos matemáticos, estatísticos e probabilísticos, e geração dos gráficos em 3D, e dos envios das informações ao próximo módulo e; 6º) o banco de dados podendo ser nas nuvens ou em local físico, módulo de armazenamento das evoluções da área monitorada, ela entregará as informações processadas em forma de gráfico e a evolução no tempo da área monitorada à defesa civil e ou outros órgãos de competência, para as devidas avaliações técnicas. Os processos de monitoramento de por meio de inclinômetro geotécnico convencional.