



Revisão Sistemática das Aplicações da Lógica Paraconsistente para Gestão de Riscos e de Desastres Naturais

Systematic Review of Applications of Paraconsistent Logic for Risk and Natural Disaster Management

André Cruz Goulart¹

Harrysson Luiz da Silva²

Sandro Gomes Rodrigues³

Resumo: Este artigo tem como objetivo apresentar o resultado da revisão sistemática das aplicações da lógica paraconsistente anotada (LPA) para gestão de riscos e de desastres naturais, e da sua utilização como sistema de apoio à decisão para gestores públicos em contextos de eventos extremos, mais precisamente quando da interrupção de transmissão de sinais de sensores meteorológicos para emissão de alertas em contextos diversos (inundações, deslizamentos, tsunamis etc.) numa municipalidade. Nesse contexto, a LPA vem tornar possível a promoção da gestão de riscos e de desastres, e se integra a etapa de prevenção do ciclo de proteção e defesa civil. A revisão sistemática foi realizada a partir de estratégias de buscas com base nas palavras-chave em bases de dados nacionais e internacionais indexadas, com o objetivo de identificar a existência de aplicações da LPA na área de gestão de riscos e de desastres, mais especificamente na área de meteorologia, considerando os equipamentos que emitem os sinais como infraestruturas críticas.

Palavras-chave: Desastres Naturais, Logica Paraconsistente, Sistema de Apoio à Decisão, Meteorologia, Sensores, Alertas de Desastres.

Abstract: This article aims to present the results of a systematic review of the applications of annotated paraconsistent logic (LPA) for risk and natural disaster management, and its use as a decision support system for public managers in contexts of extreme events, more precisely when the transmission of signals from meteorological sensors is interrupted to issue warnings in different contexts (floods, landslides, tsunamis, etc.) in a municipality. In this context, the LPA makes it possible to promote risk and disaster management, the LPA is integrated into the prevention stage of the civil protection and defense cycle. The systematic review was carried out using search strategies based on keywords in indexed national and international databases, with the aim of identifying the existence of LPA applications in the area of risk and disaster management, more specifically in area of meteorology, considering the equipment that emits signals as critical infrastructure.

Keywords: Natural Disasters, Paraconsistent Logic, Decision Support System, Meteorology, Sensors,

1 Mestrando do Programa de Mestrado Profissional em Desastres Naturais da Universidade Federal de Santa Catarina: E-mail: andre.cruz@ufsc.br. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5834-7419>

2 Professor Titular do Departamento de Geociências e do Mestrado Profissional em Desastres Naturais da Universidade Federal de Santa Catarina e Diretor Executivo do Kw Institute. E-mail: harrysson.lui@ufsc.br. <https://orcid.org/0000-0002-3421-1143>

3 Doutor em Engenharia de Transportes pela Universidade de Brasília. E-mail: profsandrogomes@hotmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6265-6529>





Disaster Alerts.

INTRODUÇÃO

A complexidade das mudanças climáticas e seus desdobramentos nas diversas áreas do conhecimento tem desafiado a estrutura das lógicas formais (clássicas), quanto a orientação para tomada de decisão de forma consequente, e, com controle de resultados. Esse contexto remete a necessidade de se avançar no reconhecimento de padrões para apoio no processo de tomada de decisão, a partir de dados tanto objetivos (*machine learning*), quanto não previstos (*deep learning*).

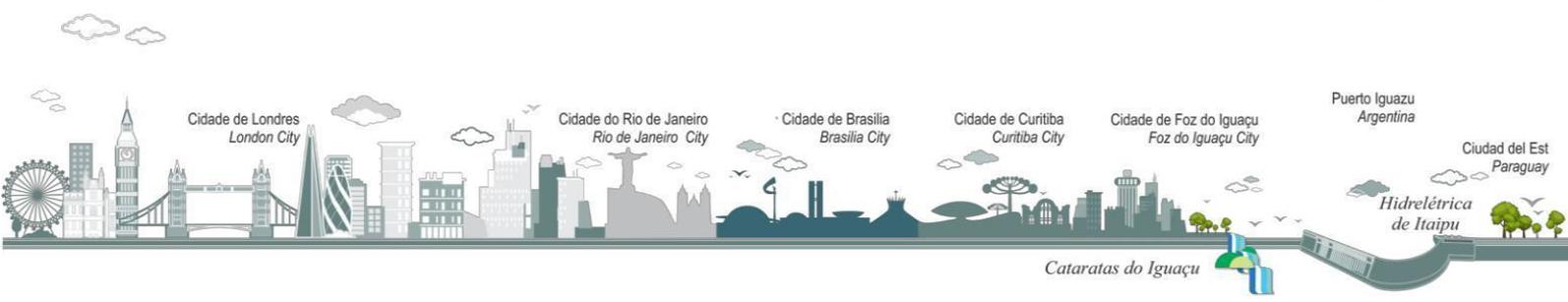
Por sua vez, as lógicas clássicas já traduzidas em diversas metodologias de apoio a decisão, que não serão objeto de discussão acabam por estabelecer limites dentro de certos requisitos, não mais atendendo o conjunto de ocorrências objetivas decorrentes dos fenômenos, sejam eles, de investigação, intervenção, avaliação e inovação.

Da mesma forma, no contexto da gestão de riscos e de desastres é preciso considerar a necessidade num contexto não só de segurança nacional, mas também regional e local, de que diferentes escalas de gestão integram diferentes variáveis a serem consideradas para serem avaliadas num sistema que oriente a tomada de decisão.

A modelagem de cenários dinâmicos num contexto de gestão de riscos e de desastres está exigindo cada vez mais refinamento, principalmente para emissões de alertas de curtíssimo prazo (*nowcasting*), considerando a recorrência de riscos que promovem desastres naturais, e, isso vem gerando novos desafios como a redução do tempo das operações, a sua manutenção, bem como, o tempo de retorno às atividades.

É preciso nesse contexto considerar toda a infraestrutura tecnológica de emissão e recepção de sinais, bem como, comunicação de alertas e infraestruturas críticas de comunicação e informação, num contexto de desastres naturais.

Logo, se as municipalidades não integrarem as infraestruturas de informação e comunicação como infraestruturas críticas, bem como, não adotarem lógicas no processo de apoio na tomada decisão que permitam ampliar resultados mais expressivos, não terão condições de estruturar a gestão da continuidade do ciclo de proteção e defesa civil, seja na escala municipal, estadual ou nacional conforme a Lei 12.608/2012 da Política Nacional de





Proteção e Defesa Civil.

No contexto das lógicas que modelam sistemas de apoio à decisão, elas são divididas em lógicas clássicas e não clássicas. Assim, busca-se a partir de um dos tipos de lógicas não clássicas, a lógica paraconsistente, a análise e sua aplicação em Gestão de Riscos e de Desastres Naturais.

A seguir será descrita a estrutura metodológica da revisão sistemática da bibliografia, referente às aplicações da LPA para gestão de riscos e de desastres, em sua perspectiva de infraestruturas críticas de informação para emissão de alertas em municipalidades.

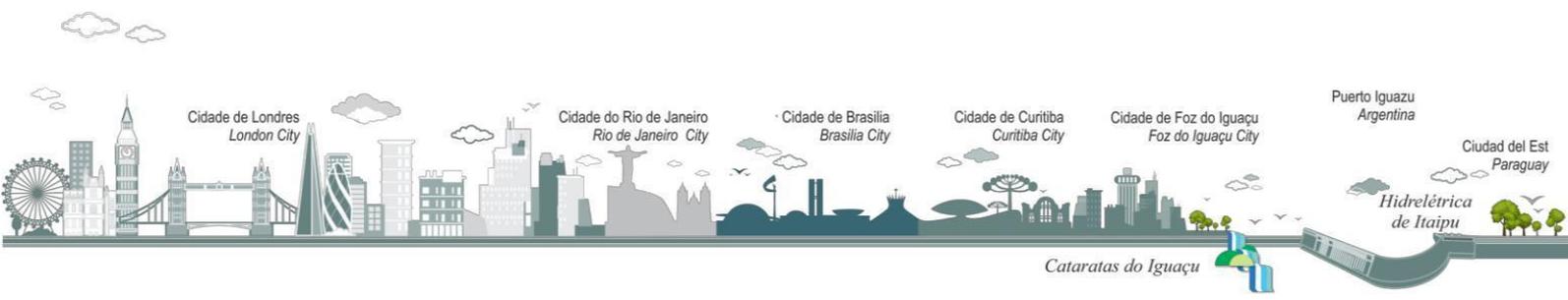
METODOLOGIA

A metodologia utilizada para verificação das aplicações da LPA orientada para tomada de decisão em contextos de gestão de riscos e de desastres é a seguinte:

Estratégia de Busca Indexada

Para seleção das referências bibliográficas foram organizadas duas estratégias de busca: a primeira integrou as palavras-chave em inglês: a) paraconsistente logic; Decision OR "Decision Making" OR "Business Continuity Plan" OR "Critical Infrastructure" OR "Civil Defenses" OR "Emergency preparedness" OR "Defensa Civil" OR "Protección Civil" OR "Disaster Management" OR Prevention OR Mitigation); e, b) a segunda estratégia em português e inglês com as seguintes palavras-chave> "Lógica paraconsistente" OR "paraconsistente logic") AND ("Civil Defense" OR "Civil Defenses" OR "Emergency preparedness" OR "Defesa Civil" OR "Proteção Civil" OR "Defensa Civil" OR "Protección Civil" OR Prevenção OR Mitigação OR "Gestão de Desastres" OR "Disaster Management" OR Prevention OR Mitigation OR "Tomada de Decisões" OR "Tomada de Decisão" OR "Decision Making" OR "Planos de Gestão de Continuidade" OR "Business Continuity Plan" OR "Critical Infrastructure" OR "Infraestrutura Crítica" OR "Decisões" OR "Decisão" OR "Decision").

Bases de Dados Consultadas





As bases de dados consultadas para realização da revisão sistemática foram as seguintes: Pubmed, IEEE, Scopus, Web of Science e Scielo. Numa primeira seleção após o gerenciamento de publicações repetidas nas bases de dados consultadas, restaram 83 referências relacionadas, e, partir de uma leitura das publicações constatou-se a existência de 17 publicações que tinham uma relação direta com os objetivos da pesquisa.

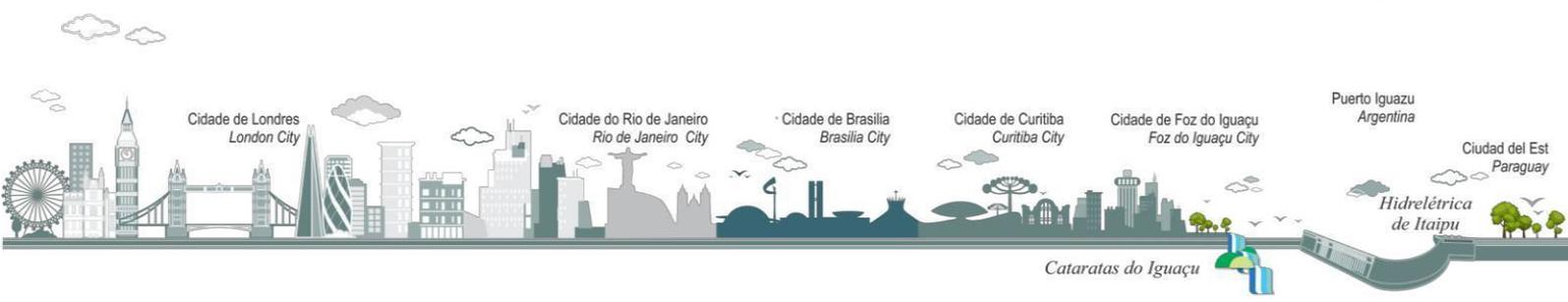
A Lógica Paraconsistente Anotada

Os gestores necessitam de ferramentas que os auxiliem a tomar decisões de maneira eficiente e fundamentada. A tomada de decisão envolve a escolha da opção mais eficiente em um conjunto de alternativas, considerando múltiplos critérios, o que pode ser complexo devido à necessidade de ponderar critérios, levar em conta preferências e resolver conflitos, considerando que as alternativas e critérios, muitas vezes, são conflitantes e envolvem informações de várias áreas do conhecimento (ABDULAI & TURUNEN, 2021, p. 129).

Para auxiliar os tomadores de decisão, há ferramentas e métodos já consolidados que são utilizados em processo de apoio a tomada de decisão, como o Processo Analítico Hierárquico (AHP), Método de Organização de Classificação de Preferência para Avaliação (PROMETHEE), Método Electre, Lógica Fuzzy e a Lógica Paraconsistente Anotada.

As lógicas tradicionais, incluindo a Lógica Aristotélica, não permitem raciocínio com contradições, como permite a Lógica Paraconsistente, que pode ser aplicada em situações em que a lógica clássica é inadequada, permitindo que se lide com inconsistências de dados e incertezas do mundo real e também com a natureza complexa e, por vezes, contraditória da tomada de decisões, de forma mais eficaz, devido à sua capacidade de trabalhar com mais do que apenas dois valores de verdade (verdadeiro ou falso). (LIMA et al, 2018, p. 154).

Enquanto a Lógica Clássica apresenta condições binárias e sempre levam em consideração duas situações apenas, ou é “Falso”, ou então é “Verdadeiro”, a Lógica Paraconsistente possibilita o tratamento de incertezas, de forma que as análises e decisões sejam tomadas a partir do máximo de dados possíveis, mesmo que sejam contraditórios. Portanto, A Lógica Clássica é insuficiente para lidar com argumentos informais, sendo





necessária a utilização de formalismos lógicos alternativos e multivalorados, ou seja, sistemas onde mais possibilidades além de “Verdadeiro” ou “Falso” sejam passíveis de análise (Abe *et al*, 2005, p. 153).

A Lógica Paraconsistente Anotada (LPA) consiste em um sistema formal para lidar com proposições em que os graus de crença e descrença são explicitamente representados como graus no intervalo unitário $[0, 1]$, permitindo o raciocínio sob incerteza e inconsistência (Carvalho *et al*, 2005, p. 57).

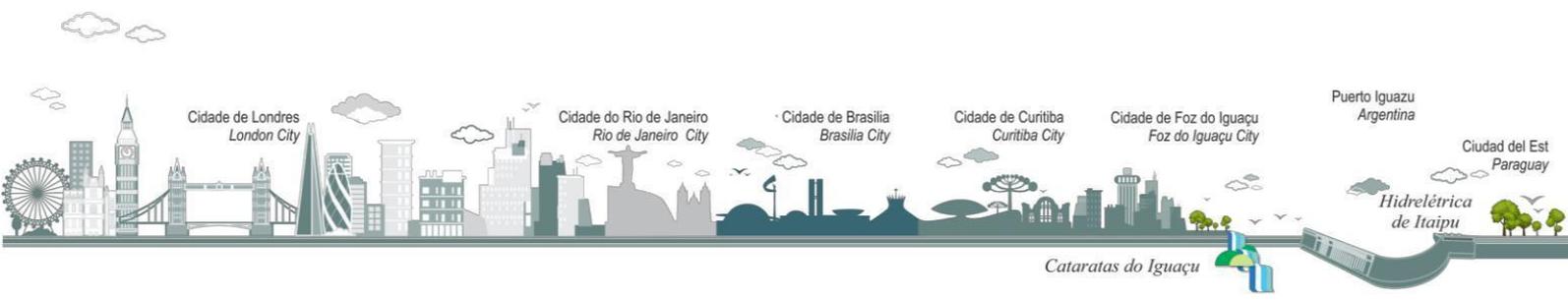
A partir da LPA, foi desenvolvido o Método Paraconsistente de Decisão (MPD), que é uma abordagem que busca auxiliar o processo decisório, particularmente na análise de viabilidade de empreendimentos ou projetos, que leva em consideração diversos fatores que podem influenciar o sucesso ou o fracasso de um projeto, e isso inclui uma variedade de atributos, como econômicos, sociais, legais, ambientais, técnicos, políticos e outros.

A principal característica do MPD é a capacidade de lidar com informações contraditórias ou inconsistentes, o que é comum em situações complexas de tomada de decisão, permitindo que especialistas atribuam valores e avaliações a esses fatores, levando em conta diferentes perspectivas e pontos de vista. Essas valorações são usadas para calcular a viabilidade ou inviabilidade de um projeto, considerando a coexistência de informações favoráveis, desfavoráveis e indiferentes, levando-se em conta a incerteza e a contradição, o que é particularmente útil quando se lida com decisões complexas em que as informações nem sempre são claras ou consistentes, de forma que possa oferecer uma estrutura para ajudar a selecionar a alternativa mais adequada com base nos fatores estabelecidos, considerando as diferentes visões dos especialistas envolvidos.

Após o levantamento e análise dos trabalhos, foram selecionados aqueles que tratavam, diretamente ou indiretamente, de aplicações da Lógica Paraconsistente Anotada para auxílio a tomada de decisões, que após a seleção se chegou um total de 17 (dezessete) trabalhos, conforme tabela 1.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme tabela I, o resultado das aplicações da LPA foram os seguintes para o

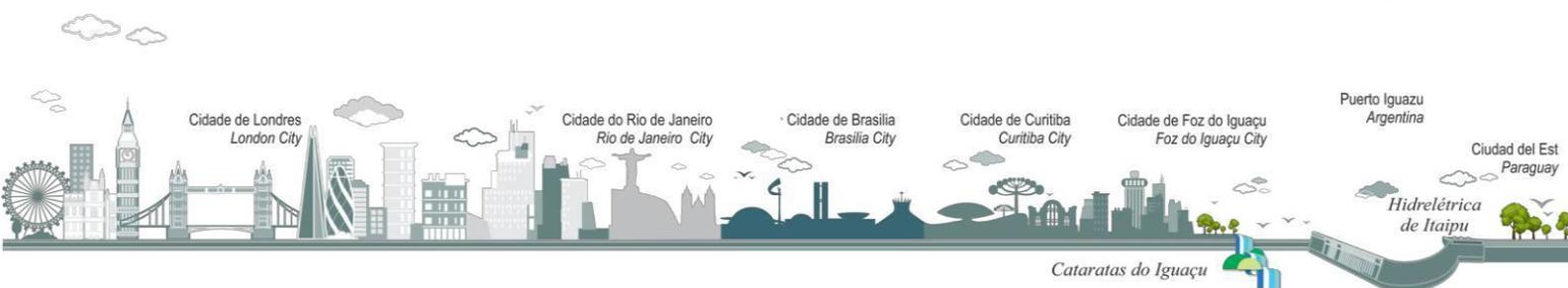




conjunto dos artigos selecionados:

Tabela I – Resultado da Revisão Sistemática da Bibliografia das Aplicações da LPA

Autor/ano	Título	Aplicações	Área do Conhecimento
Enembreck <i>et al.</i> , (1999)	<i>Decision tree-based paraconsistent learning. Proceedings.</i>	Programação com <i>machine learning</i> para tomada de decisão geral	Ciências da Computação
Carvalho <i>et al.</i> (2005)	<i>Decision making based on paraconsistent annotated logic</i>	Gestão de Negócios	Engenharia de Produção e Administração
Abe <i>et al.</i> (2005)	<i>Para-analyzer and its applications</i>	Marketing e vendas	Administração e Marketing
Bednar & Welch (2007)	<i>Knowledge creation and sharing: A role for complex methods of inquiry and paraconsistent logic.</i>	Inteligência estratégica de ambientes organizacionais	Administração
Lambert-Torres <i>et al.</i> (2008)	<i>Decision-making using a Paraconsistent analytic hierarchy process</i>	Aprimoramento do Sistema AHP de tomada de decisões	Engenharia do Conhecimento
Almeida <i>et al.</i> (2008)	<i>An application of PHAP in power system planning</i>	Energia	Engenharias
Tavares <i>et al.</i> (2016)	<i>IT incident management and analysis using non-classical logics</i>	Tecnologia da Informação	Engenharias e Ciências da Computação
Svenmarck (2017)	<i>A Planning Tool for Interaction with Influential Actors Based on Paraconsistent Logic</i>	Segurança Pública	Administração Pública
Carvalho & Abe (2018)	<i>Comparison between the paraconsistent decision method (PDM) and the statistical decision method (EDM)</i>	Vendas e Gestão de Projetos	Administração
Borges <i>et al.</i> (2018)	<i>Paraconsistent annotated logic artificial intelligence study in support of manager decision-making</i>	Inteligência Artificial	Ciências da Computação
Carvalho <i>et al.</i> (2018)	<i>A Simplified Version of the Fuzzy Decision Method and Its Comparison to the Paraconsistent Decision Method</i>	Gestão de Negócios	Administração de Empresas
Lima <i>et al.</i>	<i>The Productivity Gains Achieved In</i>	Bases de dados e Gestão de	Administração e



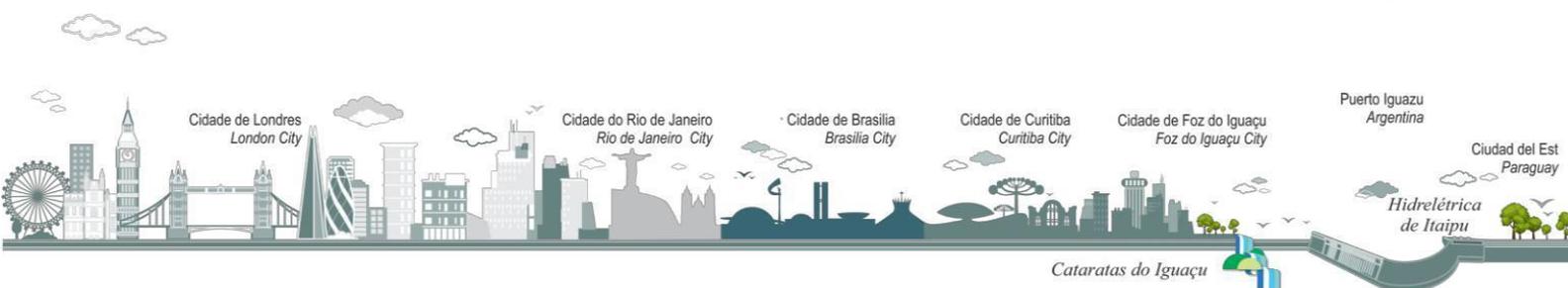


(2019)	<i>Applicability of The Prototype AITOD with Paraconsistent Logic in Support in Decision-Making in Project Remeasurement</i>	Projetos	Ciências da Computação
Dong & Hou (2019)	<i>A useful method for analyzing incomplete and inconsistent information: Paraconsistent soft sets and corresponding decision making methods.</i>	Gestão de Negócios	Administração de Empresas
Zamansky (2019)	<i>On recent applications of paraconsistent logic: an exploratory literature review</i>	Pesquisa Científica	Engenharias e Ciências da Computação
Lima et al. (2020)	<i>Process and Subprocess Studies to Implement the Paraconsistent Artificial Neural Networks for Decision-Making</i>	Inteligência Artificial	Ciências da Computação
Inusah & Turunen (2021)	<i>A paraconsistent Pavelka technique for multiple criteria decision analysis</i>	Setor Energético	Engenharias
Abdulai & Turunen (2021)	<i>A paraconsistent many-valued similarity method for multi-attribute decision making.</i>	Telefonia móvel	Tecnologia

Fonte: Organizado pelo autor a partir de buscas indexadas.

Para Enembreck *et al.*, (1999) a Lógica Paraconsistente pode ser aplicada na área da programação, mais especificamente em tomadas de decisão através de *machine learning*, onde o uso da Lógica Tradicional é mais difundido, fazendo com que os sistemas sejam sensíveis a informações inconsistentes. Alternando para a utilização da Lógica Paraconsistente, os algoritmos apresentam resultados mais eficientes frente a uma significativa presença de informações contraditórias ou inconsistentes, melhorando muito a sua *performance* como auxílio a tomada de decisões.

Conforme Abe *et al.* (2005), podem ser desenvolvidas aplicações nas áreas de marketing e vendas, auxiliando, com a consulta de especialistas, onde abrir uma empresa, realizar análises de lançamento de produtos, tomar decisões na área de logística e na manutenção de equipamentos complexos, como robôs. Neste último exemplo, o Método Paraconsistente de Decisão seria utilizado para a análise de aspectos favoráveis e contrários de cada peça que compões o equipamento, através de circuitos eletrônicos com design experimental sofisticado, manipulando conflitos e contradições, contribuindo para o





desenvolvimento de robôs com inteligência artificial mais flexível na implementação de tomadas de decisões, principalmente no desenvolvimento de protótipos.

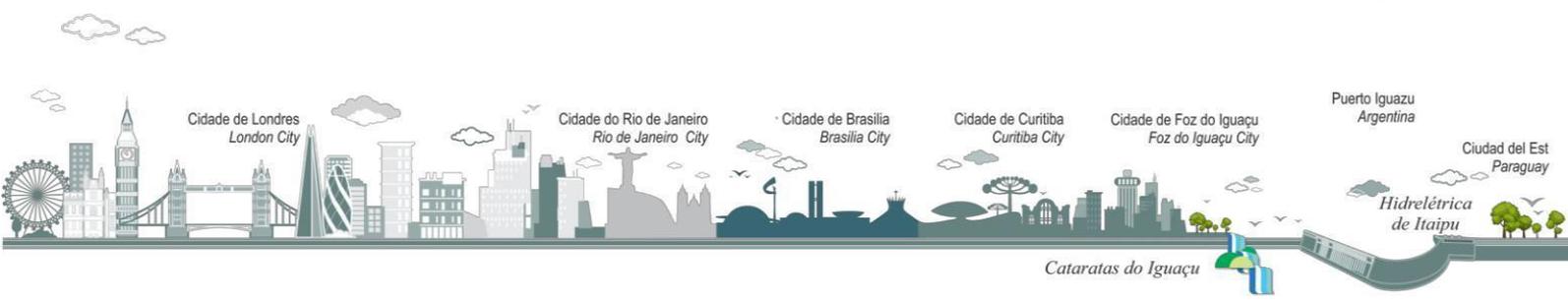
Berdnar & Welch (2007) utilizam o Método Paraconsistente de Decisão em inteligência estratégica de ambientes organizacionais, através de softwares que superam as limitações impostas pelos algoritmos tradicionais, considerando que a inteligência estratégica envolve a análise dos ambientes internos e externos de uma organização. O foco está em reconhecer a complexidade das interações humanas dentro desses ambientes.

Abdulai & Turunen (2021) trazem aplicações do Método Paraconsistente de Decisão para avaliação de desempenho de cinco operadoras de telefonia móvel em Gana (África), estabelecendo um ranking de eficiência através da consulta de especialistas e atores em várias áreas relativas à operação de telefonia móvel. Além disso, também sugere o uso da Lógica Paraconsistente nas áreas industriais, Medicina, Planejamento de Recursos Humanos, Sistema Bancário, Energia, Telecomunicações, Recursos Hídricos, Cuidados em Saúde, Investimentos e Forças Armadas.

Carvalho & Abe (2018) apresenta detalhadamente o uso do Método Paraconsistente de Decisão na área de vendas, analisando os seguintes aspectos: necessidade e utilidade do produto, aceitação do produto ou de um similar no mercado, preço de mercado do produto, custo estimado do produto, tempo de desenvolvimento e implementação do projeto e do lançamento do produto, investimento para desenvolvimento e implementação do projeto e do lançamento do produto, comparando o Método Paraconsistente de Decisão e a Lógica *Fuzzy* nos mesmos exemplos.

Zamansky (2019) apresenta uma pesquisa no *Google Scholar* acerca do uso da Lógica Paraconsistente Anotada. A grande maioria dos papers encontrados pelo autor referem-se praticamente a aplicações em engenharias e lógica de programação, concluindo que o Método Paraconsistente de Decisão ainda pode evoluir muito em sua utilização em muitas outras áreas. O autor afirma que a Lógica Paraconsistente é a Lógica do Futuro.

Lima *et al* (2020) apresenta uma proposta de utilização da Lógica Paraconsistente no desenvolvimento de Redes Neurais Artificiais, considerando que a Lógica Tradicional não dá conta das complexidades e contradições com que esse tipo de tecnologia eventualmente deve lidar. O texto sugere que redes neurais artificiais paraconsistentes podem oferecer



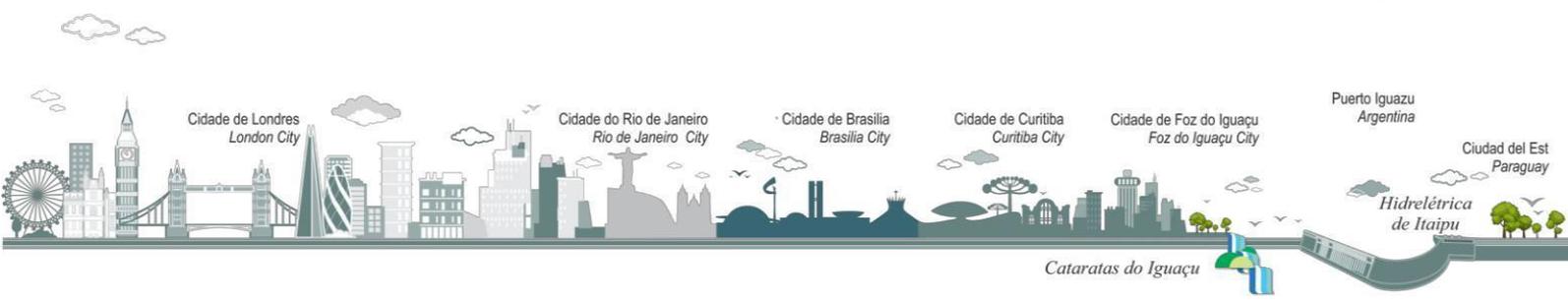


uma solução para que projetos de software sejam livres de erros e tenham custo mais baixo. Essas redes podem processar grandes volumes de dados e analisar informações inconsistentes e contraditórias de maneira mais rápida e eficaz do que *softwares* construídos com a lógica tradicional. As redes neurais paraconsistentes podem ser utilizadas em desenvolvimento de projetos, escolha de fornecedores, análise de redes sociais, entre outras aplicações.

Svenmark *et al.* (2017) apresenta uma aplicação do Método Paraconsistente de Decisão na área de Segurança Pública, no combate ao comércio de drogas, onde a tomada de decisão através preenche uma lacuna no suporte aos agentes de inteligência no planejamento e execução de ações durante operações internacionais, auxiliando na identificação de suspeitos e na tomada de decisões frente a situações complexas com potencial de conflitos.

Lamber-Torres *et al.* (2008) propõe o uso da Lógica Paraconsistente Anotada como ferramenta de aprimoramento do método de Processo Analítico de Hierarquia (AHP) de tomada de decisões. O método AHP consiste em definir metas, considerar alternativas e critérios, organizar hierarquias, realizar comparações paritárias e aplicar a escala fundamental. Esses componentes contribuem para uma abordagem estruturada e sistemática para tomadores de decisão, definindo prioridades e preferências. A fundamentação do método está na álgebra linear, psicologia e pesquisa operacional. Os autores sugerem que o método AHP pode apresentar um grau de inconsistência superior a 10% em seus resultados. A aplicação da Lógica Paraconsistente Anotada ao Método AHP proporciona a identificação de discrepâncias, interpretando o grau de inconsistências e minimizando-o. Além disso, permite o reconhecimento de incertezas, fornecendo aos tomadores de decisão uma compreensão mais ampla dos riscos associados à tomada de decisão.

Almeida *et al.* (2008), assim como anteriormente discutido de Lamber-Torres *et al.* (2008), com vários autores em comum, também propõe a aplicação da Lógica Paraconsistente ao AHP, aplicado em tomada de decisões na área de planejamento em sistemas de energia elétrica. Este método modificado, chamado de Processo Analítico de Hierarquia Paraconsistente (PAHP), utiliza matrizes de comparação em pares e avaliações



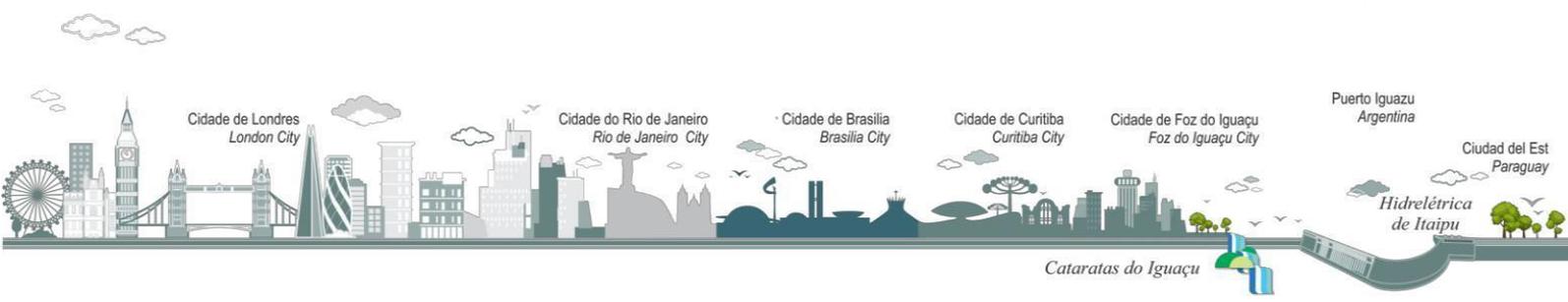


de vários especialistas para calcular o grau de inconsistência para cada alternativa analisada. O objetivo é fornecer aos tomadores de decisão uma maior confiança em decisões baseadas em parâmetros subjetivos ou intuições. O estudo de caso do artigo é a Companhia Elétrica de Brasília (CEB), onde foi desenvolvido um *software* específico que permite modelar o sistema de decisão.

Tavares *et al.* (2016) propõe a utilização da Lógica Parconsistente Anotada na área de serviços de Tecnologia da Informação (TI), frente a situações de incidentes críticos. A área de serviços de TI apresenta possíveis problemas que podem ocorrer em diversas áreas, como as telecomunicações, infraestrutura e *software*. Considerando que é uma área complexa e multidisciplinar, normalmente fornecido por empresas contratadas, e não pela própria instituição em questão, a falta de comprometimento e a subjetividade na tomada de decisões pode se fazer presente com frequência, gerando inconsistências nos procedimentos. O Método Paraconsistente de Decisão proporcionaria uma possibilidade de elaboração de protocolos previamente definidos para a gestão de incidentes críticos nas áreas que envolvem a Tecnologia da Informação, reduzindo o tempo de interrupção de atividades e o tempo de recuperação.

Carvalho *et al.* (2005) traz uma aplicação na área de negócios, ou seja, no processo de fabricação de produtos, levando-se em consideração fatores estratégicos, qualitativos e quantitativos para optar ou não por substituir as tecnologias tradicionais por outras mais avançadas. Tal decisão envolve custos, tempo, manutenção, eficiência, custos operacionais, vida útil de equipamentos, confiabilidade e vários outros atributos. A decisão é multicriterial e complexa, dificultando o trabalho do gestor, que teria sua função facilitada pela aplicação do Método Paraconsistente de Decisão.

Inusah & Turunen (2021) trata de uma comparação entre a Lógica Fuzzy e a Lógica Paraconsistente Anotada numa aplicação no setor energético de Gana (África), com o objetivo de selecionar o mais eficiente entre oito fontes de energia elétrica (hidroelétrica, ventos, solar, gás natural, nuclear, biomassa, óleo, carvão) do país, frente a vinte e seis critérios. Os critérios variam de custo a confiabilidade, de consequências ambientais a humanas, entre muitas outras, tornando a tomada de decisão multidisciplinar e complexa, evidenciando a importância da utilização de um método de auxílio à decisão.



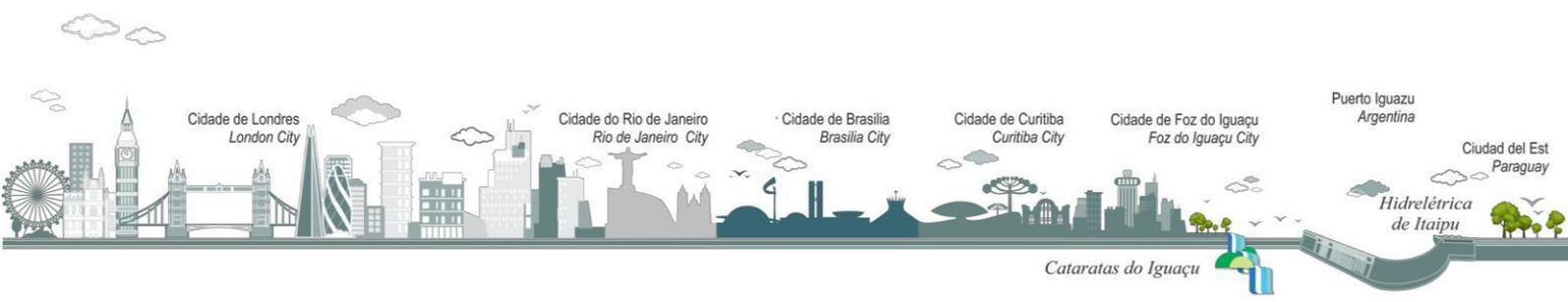


Carvalho *et al.* (2018) apresenta uma comparação entre a Lógica Fuzzy e a Lógica Paraconsistente Anotada, utilizando aplicação objetivando escolher qual empresa deve ser comprada por um determinado grupo, levando-se em conta vários critérios, principalmente o índice de vendas e os lucros. Também é apresentado um exemplo de tomada de decisão de compra ou não de uma propriedade para a instalação de uma filial de empresa. Uma decisão desta natureza envolve vários critérios, como o valor da propriedade, a distância do centro comercial da cidade e a área total disponível. Um terceiro exemplo é utilizado: o lançamento de um novo produto no mercado. Neste caso, também se trata de uma decisão complexa e multicriterial, pois vários parâmetros devem ser levados em consideração para que se verifique a viabilidade do produto para o mercado em questão. Em todos os casos o autor utiliza os dois métodos e apresenta uma comparação entre a Lógica Fuzzy e a Lógica Paraconsistente Anotada para o auxílio à tomada de decisões.

Dong & Hou (2019) traz uma aplicação da Lógica Paraconsistente Anotada no caso de uma empresa que precisa decidir por fazer ou não um investimento imobiliário. A tomada de decisão deve levar em conta uma série de parâmetros: liquidez de curto prazo Solvência de Longo Prazo, Capacidade Operacional, Rentabilidade, Baixo Nível de Risco, entre outras. Neste caso, os autores apresentam parâmetros de variação de mercado, nível de exigência necessário para a tomada de decisão, mostrando que a Lógica Paraconsistente Anotada é uma ferramenta bastante adequada para o caso.

Borges *et al.* (2018), sugere que a Lógica Paraconsistente Anotada é a mais adequada para ser aplicada na área de Inteligência Artificial, devido à sua capacidade de lidar com situações em que a lógica clássica é inadequada devido à sua natureza binária, considerando incertezas do mundo real e possíveis inconsistências dos dados disponíveis. O autor discute o potencial das Redes Neurais Paraconsistentes e da Lógica Paraconsistente no tratamento de conjuntos de dados grandes, inconsistentes e incertos para tomada de decisões, principalmente no contexto de aplicações de inteligência artificial e na decisão de contratação de projetos. Nesta aplicação, a área de Gestão de Projetos poderia ser beneficiada com uma análise de dados relevantes mais acurada, tornando mais clara e fundamentada a tomada de decisões.

Lima *et al.* (2019) propões o desenvolvimento de um sistema de suporte inteligente





de tomada de decisão (AITOD - *Intelligent Decision-making Support system*), baseado em Lógica Paraconsistente. O sistema tem o objetivo de analisar amostras históricas de informações de dois anos, contidas bases de dados de projetos, de modo a auxiliar as tomadas de decisão no sentido de evitar gastos financeiros desnecessários e otimizar o tempo de desenvolvimento e implementação e, ao mesmo tempo, aprimorar a qualidade dos produtos, além de mitigar o retrabalho.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

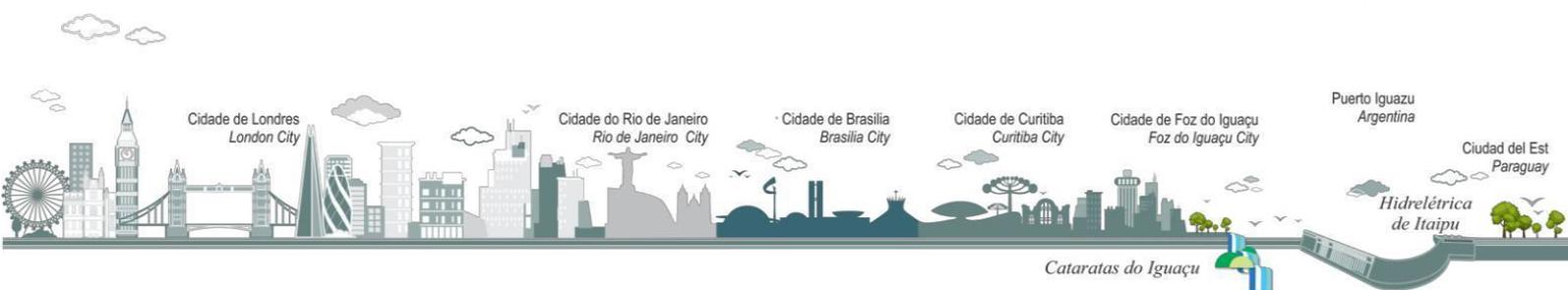
Após análise dos trabalhos selecionados na revisão sistemática foi observado que existe uma gama de aplicações da LPA através do Método Paraconsistente de Decisão em várias áreas do conhecimento, menos na área de gestão de riscos e desastres naturais, o que confere ineditismo na aplicação da LPA para a área em questão.

Por outro lado, seria necessário uma pesquisa mais profunda por áreas de conhecimento das aplicações da LPA, que não era o objetivo inicial dessa pesquisa, para avaliar mais precisamente, quais aplicações foram realizadas nas mais diversas áreas do conhecimento listadas nas referências utilizadas nessa pesquisa.

Da mesma forma, inexistem produtos tecnológicos (aplicativos) orientados para gestão de riscos e de desastres, utilizando lógica paraconsistente anotada, mesmo, para tomada de decisão em contextos de eventos extremos, a partir das infraestruturas críticas que emitem sinais para tornar possível os alertas de desastres.

Contudo, ainda se torna necessário sistematizar o MPD numa aplicação tecnológica que pudesse ser objeto de implantação numa municipalidade como projeto-piloto baseado em variáveis e indicadores de risco, que possam comprometer a gestão dos desastres.

Dessa forma, se considera que o MPD é uma alternativa para aplicação na área de desastres naturais, dada a complexidade e a intersectorialidade inerente a gestão de desastres, que permite tratar dados inconsistentes de maneira mais flexível, sem necessariamente levar a contradições lógicas, utilizando a Lógica Paraconsistente em situações em que a presença de dados contraditórios são comuns, como em sistemas de inteligência artificial.





Ao se tornar possível que o MPD seja aplicado como mecanismo de suporte a decisão através da LPA em infraestruturas críticas (sensores meteorológicos) será possível preparar um plano de gestão de continuidades das atividades e de atendimento as demandas dos diferentes público-alvo envolvidas na gestão de riscos (prevenção e mitigação) e na gestão de desastres (resposta e reconstrução) com controle de resultados, passível de certificação e de verificação via auditoria de conformidade.

REFERÊNCIAS

- ABDULAI, I & TURUNEN, E. A paraconsistent many-valued similarity method for multi-attribute decision making. *Fuzzy Sets and Systems*, 409, 128–152. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.fss.2020.07.016>. Acesso em 31out2023.
- ABE, J. M. & NAKAMATSU, K. *Para-analyzer and its applications*. Amsterdam: IOS Press, 2005. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84886060143&partnerID=40&md5=b52828cf8a732662d946d190d4ba4fc6>. Acesso em 10nov2023.
- ALMEIDA C. I. *et al.* An application of PHAP in power system planning. *2008 IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition: Latin America*. Bogotá, 2008. Disponível em <https://doi.org/10.1109/TDC-LA.2008.4641756>. Acesso em 03out2023.
- BEDNAR, P. & WELCH, C. Knowledge creation and sharing: A role for complex methods of inquiry and paraconsistent logic. In: XU, M. *Managing Strategic Intelligence: Techniques and Technologies*. Hershey: IGI Global, 2007. V.1, Cap. X (pp. 159–177). Disponível em: <https://doi.org/10.4018/978-1-59904-243-5.ch010>. Acesso em 11nov2023.
- BORGES DE LIMA, A. W. *et al.* Paraconsistent annotated logic artificial intelligence study in support of manager decision-making. *2ND INTERNATIONAL CONFERENCE ON BUSINESS AND INFORMATION MANAGEMENT (ICBIM 2018)*, BARCELONA, 2018, pp154–157. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3278252.3278269>. Acesso em 03nov2023.
- BRASIL. Lei 12.608 de 10/04/2012. Política Nacional de Proteção e Defesa Civil. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm. Acesso em 17nov2023.
- CARVALHO, F. R & ABE, J. M. Comparison between the paraconsistent decision method (PDM) and the statistical decision method (EDM). In *Smart Innovation, Systems and Technologies*, Vol. 87, pp. 149–164, 2018. Disponível em https://doi.org/10.1007/978-3-319-74110-9_7. Acesso em 15out2023.
- CARVALHO, F. R. *et al.* A Simplified Version of the Fuzzy Decision Method and Its Comparison to the Paraconsistent Decision Method. In: *Smart Innovation, Systems and Technologies*, Vol. 87, pp. 165–184. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-74110-9_8. Acesso em 28set2023.
- CARVALHO, F. R. *et al.* Decision making based on paraconsistent annotated logic. *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*. Volume 132, 2005, Pages 55-62. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-38049048289&partnerID=40&md5=575a8dce472d8a6b244c87ba2fed0ae9>. Acesso em 18out2023.





CARVALHO, F. R. *Aplicação de lógica paraconsistente anotada em tomadas de decisão em engenharia de produção*. 2005. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção. Universidade de São Paulo. São Paulo.

DONG, Y. & HOU, C. A useful method for analyzing incomplete and inconsistent information: Paraconsistent soft sets and corresponding decision making methods. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 37(1), 2019, 901–912. Disponível em: <https://doi.org/10.3233/JIFS-181553>. Acesso em 10nov2023.

ENEMBRECK, F. & SABOURIN, E. Decision tree-based paraconsistent learning. In: *Proceedings. SCCC'99 XIX International Conference of the Chilean Computer Science Society*, Talca, Chile, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/SCCC.1999.810152>. Acesso em 12nov2023.

LAMBER-TORRES, G. *et al.* Decision-making using a Paraconsistent analytic hierarchy process. *2008 5th International Conference on the European Electricity Market*, Lisboa, 2008, pp. 1-6. Disponível em <https://doi.org/10.1109/EEM.2008.4579085>. Acesso em 05out2023.

LIMA, L. A. *et al.* Process and Subprocess Studies to Implement the Paraconsistent Artificial Neural Networks for Decision-Making. In: JAIN, V. *et al.* *Recent Trends in Intelligent Computing, Communication and Devices: Proceedings of ICCD 2018*. Singapura: Springer Nature, 2020. Disponível em https://doi.org/10.1007/978-981-13-9406-5_61. Acesso em 03out2023.

LIMA, L. A. *et al.* The Productivity Gains Achieved In Applicability of The Prototype AITOD with Paraconsistent Logic in Support in Decision-Making in Project Remeasurement. *Procedia Computer Science*, 154, pp. 347–353, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.06.050>. Acesso em 13nov2023.

NUSAH, A., & TURUNEN, E. A paraconsistent Pavelka technique for multiple criteria decision analysis. *Journal of Multiple-Valued Logic and Soft Computing*, 37(1–2), 1–25. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85110744868&partnerID=40&md5=d3aaeafd097a93822d2283c224d93795>. Acesso em 30set2023.

SVENMARCK, P. *et al.* A Planning Tool for Interaction with Influential Actors Based on Paraconsistent Logic. In: *Advances in Cross-Cultural Decision Making: Proceedings of the AHFE 2016 International Conference on Cross-Cultural Decision Making (CCDM)*. Singapura: Springer Nature, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-41636-6_21. Acesso em 13out2023.

TAVARES, P. F. *et al.* IT Incident Management and Analysis Using Non-classical Logics. *Advances in Production Management Systems. Initiatives for a Sustainable World IFIP WG 5.7 International Conference*, APMS, Foz do Iguaçu, 2016, pp20-27. Disponível em https://doi.org/10.1007/978-3-319-51133-7_3. Acesso em 28out2023.

ZAMANSKY, A. On recent applications of paraconsistent logic: an exploratory literature review. *Journal of Applied Non-Classical Logics*, V. 29(4), pp. 382–391, 2019. Disponível em <https://doi.org/10.1080/11663081.2019.1656393>. Acesso em 11out2023.

