



Diana Regalla^(a), Ricardo Manfredi Naveiro^(b), Roberto Machado Correa^(c)

(a) Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, Brasil / diregalla@poli.ufrj.br

(b) Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, Brasil / rmaveiro@poli.ufrj.br

(c) Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, Brasil / roberto@poli.ufrj.br

SISTEMATIZAÇÃO DO PROCESSO DECISÓRIO EM PROJETOS DE ARQUITETURA, ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO BASEADO NA TRIZ

RESUMO

Os crescentes avanços tecnológicos no setor de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) vêm causando mudanças nas relações funcionais e intensificando a competitividade entre os agentes dessa indústria, evidenciando a necessidade de organização do processo de projeto. Esse objetivo pode ser alcançado por meio de metodologias sistemáticas, uma vez que a falta de domínio do processo de criação pode promover resultados ineficazes. A Teoria da Solução Inventiva de Problemas (TRIZ) oferece uma abordagem sistemática, baseada no conhecimento tácito, direcionada ao processo criativo de solução de problemas. Propõe-se o uso da TRIZ nas etapas iniciais do processo para delimitar o espaço de busca por soluções, de forma sistemática e eficaz, integrando-se aos demais modelos de suporte ao projeto. Essencialmente, seu uso consiste na reestruturação do problema de um projeto específico em um problema genérico, cuja solução tenha princípios referenciais consolidados. O artigo apresenta a adaptação dessa teoria clássica, comumente utilizada no desenvolvimento de produtos para o setor de AEC, campo ainda não suficientemente explorado pela teoria, resultando na proposta de um instrumento para sistematizar o processo decisório diante das contradições de projetos. Um estudo de caso foi realizado, resultando em soluções práticas significativas, tanto para a validação do instrumento quanto para o projeto analisado.

Palavras-chave: Setor de AEC; Metodologia e Concepção de Projeto; TRIZ; Processo Decisório.

SYSTEMATIZATION OF THE DECISIONAL PROCESS IN ARCHITECTURE, ENGINEERING AND CONSTRUCTION PROJECTS BASED ON TRIZ

ABSTRACT

The increasing technological advances in the Architecture, Engineering and Construction (AEC) sector have been promoting changes in the functional relations and intensifying the competitiveness among the agents of this industry, enhancing the need for design process organization. This purpose can be achieved through systematic methodologies, since the lack of control of the creation process can result in ineffective methodological systems. The Inventive Problem Solving Theory (TRIZ) offers a systematic, human-oriented and knowledge-based approach, driving the creative problem-solving process. The proposal to use TRIZ in the initial stages of the process allows the delimitation of the search space for solutions in a systematic and efficient way. Its use consists essentially in the restructuring of a specific design problem in a generic problem whose solution has consolidated referential principles. The paper presents the adaptation of this classic theory, commonly used in product development, for the AEC sector, a field not yet sufficiently explored by the theory, resulting in the proposal of an instrument to systematize the decision-making process in the face of contradictions. A case study was conducted, resulting in significant practical solutions both for the instrument validation and for the analyzed project.

Keywords: AEC Sector; Methodology and Project Design; TRIZ; Decision-making process.



1. Introdução

A concepção de um projeto do setor de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) é um processo complexo, que se enquadra em temas que vão desde soluções técnicas até artísticas para responder às questões propostas. Os requisitos iniciais de projetos desse setor evidenciam, cada vez mais, aspectos conflitantes, que envolvem objetivos contraditórios por parte dos intervenientes no projeto: projetista, cliente, construtora, comunidade, usuários, legislação etc. Além disso, observa-se frequentemente uma inconsistência entre aquilo que é solicitado e o que é esperado pelo cliente ou, ainda, entre aquilo que é projetado e o que de fato é construído. Entretanto, mudanças realizadas no projeto após as principais tomadas de decisão acarretam custos adicionais muito altos, colocando em risco o sucesso de um empreendimento.

Diante dos diversos conhecimentos específicos inseridos nos atuais projetos, cada vez mais complexos, que muitas vezes se constituem em parâmetros conflitantes, o projetista pode lidar com a situação de algumas formas. A mais recorrente é pelo estabelecimento de compromissos (*trade-offs*), onde uma solução aceitável é selecionada, ultrapassando o problema. Já a maneira criativa de solucionar requisitos conflitantes não busca o atendimento a um único requisito, nem o estabelecimento de um compromisso entre os mesmos: a solução criativa é aquela que encontra nos requisitos, aparentemente conflitantes, impulso para gerar inovações e descobertas.

O pressuposto deste trabalho é que as metodologias sistemáticas de suporte ao projeto favorecem a criação, focalizando o espaço de busca por soluções e reduzindo o tempo de desenvolvimento do projeto. Dessa forma, o objetivo central deste artigo é explorar um método de tomada de decisão em projetos capaz de auxiliar na resolução dos conflitos existentes entre requisitos de projeto, de forma a alcançar uma solução factível que possa atender simultaneamente aos requisitos conflitantes. Trata-se da exploração de um método de apoio ao processo de resolução de problemas no qual se procura satisfazer simultaneamente requisitos conflitantes. Em uma abordagem convencional, esses requisitos conflitantes seriam objeto de uma solução de compromisso, na qual o atendimento de um requisito seria priorizado em detrimento de outro.

Assim, empregou-se uma teoria clássica comumente utilizada no desenvolvimento de novos produtos, a Teoria da Resolução Inventiva de Problemas - mais conhecida pela sigla TRIZ, que sintetiza sua denominação em russo - para analisar os métodos de suporte à solução criativa de problemas complexos, adaptando-a para aplicações em projetos do setor de AEC.

Essa adaptação resultou na proposta de um instrumento para ser aplicado às etapas iniciais do processo de desenvolvimento desses projetos. Como exemplificação da viabilidade desse instrumento, o mesmo foi aplicado em um estudo de caso, onde um problema contraditório de projeto real foi analisado. Com isso, avaliou-se sua eficiência na resolução de problemas nas etapas de programa de necessidades e de estudo preliminar de um projeto do setor de AEC.

2. Desenvolvimento

2.1. Tomada de Decisão em Projetos

2.1.1. Natureza do Projeto

Não existe um conceito capaz de descrever o termo projeto, mesmo delimitando ao campo de estudo ao projeto de produtos “engenheirados”. Uma definição bem difundida seria a de que projetar é uma atividade que produz uma descrição de algo que ainda não existe, porém apta a viabilizar a construção de um produto em fase de criação.

A atividade de projetar pode ser considerada, usualmente, como uma atividade complexa, pois ao longo de sua progressão, arquitetos e engenheiros se deparam com problemas de natureza mal estruturada e incompleta. Também pode ser considerado um processo baseado no conhecimento em que dados, informações e conhecimentos são processados simultaneamente por uma equipe de trabalho composta por diversos profissionais envolvidos durante o ciclo de vida de um produto, buscando compreender e solucionar estes problemas (NAVEIRO, 2007).

Segundo Cross (2008), o processo de busca por uma solução está vinculado à tarefa de compreensão de um problema mal estruturado ou mal definido, isto é, problema e solução são aspectos complementares de um projeto que devem ser tratados simultaneamente. Por esse motivo, a simples proposição de uma solução

inicial para um problema pode fazer clarear uma região cinza, incerta, do projeto. Além disso, os novos conceitos propostos pela solução inicial podem revelar dificuldades que não haviam sido identificadas a priori.

Em consequência da imprecisão, característica inerente à atividade de projetar, ao longo do processo de estruturação de um problema os projetistas tomam decisões baseadas no conhecimento incompleto que possuem do problema até aquele momento. Geralmente, essa é a forma mais eficiente de se conduzir o processo, uma vez que reduzir o grau de imprecisão acerca de um determinado requisito de projeto pode ser custoso, além de possivelmente mostrar-se dispensável mais adiante (NAVEIRO, 2007).

Sendo assim, o processo de projeto envolve uma sequência típica de etapas em que o grau de incerteza diminui à medida que o trabalho progride e a progressão do trabalho pode ser vista como uma coleção de estados sucessivos em que as ideias abstratas vão sendo incorporadas ao produto final.

Nessa linha, é certo afirmar que os riscos e incertezas são maiores no início do projeto. Esses fatores diminuem ao longo de sua vida à medida que as decisões vão sendo tomadas e as entregas, aceitas. Em consequência disso, a capacidade de influenciar as características finais do produto do projeto, sem impacto significativo sobre os custos, é mais alta em seu início e reduz à medida que se progride para o seu término.

2.1.2. Modelo de Suporte ao Projeto

Pode-se afirmar que, de maneira geral, existem três tipos básicos de conhecimentos necessários para projetar: conhecimentos para avaliar conceitos, conhecimentos para a estruturação do processo de projeto e conhecimentos para gerar ideias (NAVEIRO, 2007).

Conhecimentos para avaliar conceitos provêm parcialmente da experiência e parcialmente da qualificação formal obtida nos cursos de graduação, enquanto conhecimentos sobre a estruturação do processo de desenvolvimento de projetos podem ser adquiridos através do treinamento formal. Esses dois tipos de conhecimento apresentam a particularidade de serem independentes do domínio, ou seja, existem semelhanças entre o processo de desenvolvimento de projeto de um edifício e o de um produto industrial, uma vez que a progressão do projeto é composta de etapas semelhantes.

O terceiro tipo de conhecimento básico necessário para projetar é a geração de ideias, que depende do desenvolvimento de habilidades específicas, associada a alguma experiência dentro do domínio a que pertence o objeto a ser projetado. Muitos autores consideram que a própria habilidade ou criatividade pessoal podem ser parcialmente construídas, já que se trata de um repertório de soluções envolvendo técnicas e mecanismos que o aprendiz vai formando ao longo da vida.

Segundo De Carvalho (2007), muitas ideias também podem emergir diretamente das fontes de ideias. Essas fontes podem ser externas (como a voz do cliente e dos usuários líderes) ou internas (que se compõe da tecnologia, setores da própria empresa, outras empresas e mudanças ambientais). No entanto, outras ideias demandam elaborações adicionais e o uso de mecanismos diferenciados. Este autor cita três métodos: intuitivos, sistemáticos e heurísticos.

Os métodos intuitivos são baseados, principalmente, nos estudos psicológicos da criatividade e confiam na intuição pura ou numa pequena estruturação do processo de ideação. Como exemplos tem-se o Brainstorming, os Questionários e Checklists e o Lateral Thinking. Já os métodos sistemáticos são muito mais estruturados e são considerados, por muitos, como mais adequados para a solução de problemas complexos, adotando a abordagem de subdividir um problema original em problemas mais simples, resolver os problemas simples e combinar tais soluções numa solução para o problema original. Esses métodos ainda tendem a facilitar a divisão do trabalho e a rastreabilidade do processo criativo. Como exemplos, tem-se a Análise do Valor, Análise e Síntese Funcional e a Analogia Sistemática.

O terceiro tipo são os métodos heurísticos, que podem ser computacionais e não computacionais. Esses métodos são baseados em regras e padrões do processo criativo, procurando fazer uso de múltiplas regras, bases de conhecimento e do computador. Como exemplos podem-se citar os Algoritmos, os Programas e a maioria dos métodos da TRIZ.

2.1.3. TRIZ

A Teoria da Solução Inventiva de Problemas (TRIZ) foi criada por G. S. Altshuller na antiga União Soviética, a partir da análise de milhares de patentes, como uma nova ciência para a teoria da invenção oferecendo uma abordagem sistemática que capacita à forma criativa de solução de problemas. A metodologia

compreende diversas técnicas e consiste, essencialmente, na reestruturação do problema de projeto específico em um problema genérico, cuja solução tenha princípios referenciais consolidados.

Essa teoria usa uma metodologia heurística, que se fundamenta no uso de métodos estruturados para orientar a solução de problemas, invés da intuição, além de utilizar o enfoque em sistemas durante a formulação e na solução dos problemas. Ainda, é orientada ao ser humano, pois foi concebida para uso humano e, apesar dos mecanismos de formulação e solução de problema poderem ser implementados computacionalmente, a competência central da TRIZ é a solução conceitual de problemas, para a qual o cérebro humano ainda é mais adequado que o computador.

Além disso, é uma teoria baseada em conhecimento, visto que utiliza fontes originais de informações como heurísticas para a solução de problemas (as patentes), faz uso de efeitos oriundos das ciências para a solução de problemas e fundamenta-se no levantamento e utilização de conhecimentos referentes ao domínio do problema específico a ser solucionado (DE CARVALHO, 2007).

Assim, a TRIZ é estruturada em diversas partes, de acordo com os objetivos de cada técnica e o tipo de modelo de problema no qual a técnica opera. Essa metodologia é formada por leis baseadas nos principais conceitos básicos da teoria, bem como nos padrões de evolução dos Sistemas Técnicos (STs), métodos para formulação de problemas inventivos e métodos para a solução criativa de problemas.

Conforme explanado, a natureza do projeto se relaciona com as atividades intelectuais de solução de problemas e com as estratégias usadas pelos projetistas para reduzir a complexidade das atividades de um projeto.

Em projetos de AEC, é possível perceber que a resolução de problemas nesses projetos não depende somente do conhecimento técnico do profissional dessa área, mas também da capacidade de elaboração de associação, decomposição e prototipagem que o indivíduo possui, bem como das considerações práticas vindas da experiência e das instrumentalidades de projeto obtidas por procedimentos, formas de pensar e habilidades de julgamento de cada um.

Visando auxiliar e desenvolver essas últimas capacidades, atualmente as ferramentas da TRIZ podem ser divididas em ferramentas analíticas (que ajudam a definir, formular e modelar o problema) e ferramentas baseadas no

conhecimento (derivadas do conhecimento acumulado da experiência inovadora humana, e organizadas e estruturadas para fornecer aos usuários o mais alto nível de resolução de problemas). Como exemplo de ferramentas do primeiro grupo, pode-se citar: o Questionário de Situação da Inovação (QSI) e o Processo de Formulação de Problemas (PFP). Já no segundo grupo, tem-se: os 40 Princípios Inventivos (PIs) junto com a Matriz de Contradições (MC), os Princípios de Separação e as 76 Soluções Padrão. Este artigo se concentrará no método de solução de problemas mais difundido da TRIZ - o Método dos Princípios Inventivos (MPI) e Matriz de Contradições (MC).

2.1.3.1 Conceitos Fundamentais da TRIZ

Os conceitos fundamentais, que são alguns dos elementos-chave da TRIZ, estão elucidados a seguir, conforme Terninko, Zusman e Zlotin (1998).

O primeiro é a idealidade de um sistema técnico, que consiste na razão entre o número de funções desejadas (ou funcionalidades úteis – FU) realizadas pelo sistema e o número de funções indesejadas (ou efeitos prejudiciais – FP) que o mesmo tem que executar para cumprir essas funcionalidades. Efeitos úteis são todos os resultados proveitosos do funcionamento do sistema e efeitos prejudiciais são os custos do sistema. A partir da idealidade, é definido o Resultado Final Ideal (RFI) como sendo uma solução à qual se pretende chegar na solução do problema, arbitrária e mais próxima do ideal que a solução atual.

O segundo são os recursos, que podem ser qualquer característica disponível em um sistema ou no seu meio ambiente, com habilidades funcionais ou tecnológicas e que não estão sendo usados para seu pleno potencial. A utilização de recursos torna o sistema mais próximo do ideal. Há casos em que a simples procura por recursos não aproveitados em um sistema leva a soluções inventivas.

Seguindo este conceito, a TRIZ enfatiza o uso máximo de todos os recursos pertencentes ao sistema ou ao seu ambiente. Existem diferentes classes de recursos como: recursos de substância, de campo, de espaço, de tempo, informacionais e funcionais.

Em termos de metodologias de projeto, o conceito de contradição é o que mais diferencia a TRIZ das outras abordagens. As contradições são compromissos ou *trade-offs* assumidos em projetos. Segundo Savransky (2000), em

contraste com um projeto de rotina que conduz a uma suavização da contradição (o dogma *trade-off* ou solução de compromisso) ou à escolha de combinações preferenciais em um conflito (o princípio “ou... ou”), um projeto baseado na TRIZ aspira identificar e resolver a contradição, criando um sistema na qual o aprimoramento de uma característica não é acompanhado pela deterioração de outra (o dogma “e... e”), alcançando o chamado princípio “vencedor-vencedor”. A orientação à contradição consiste em não procurar evitá-la, mas, resolvê-la criativamente.

As chamadas contradições técnicas ocorrem quando um parâmetro de projeto só é conseguido em detrimento de outro parâmetro (a melhoria do parâmetro “A” do sistema piora o parâmetro “B”), ou seja, uma ação é simultaneamente útil e prejudicial.

Já a contradição física representa um conflito entre dois subsistemas. Esse tipo de contradição ocorre quando estados opostos devem estar presentes em um mesmo produto (estar quente e estar frio, por exemplo). Esse segundo tipo de contradição implica requisitos inconsistentes.

De acordo com Altshuller, um problema inventivo contém pelo menos uma contradição, e a exploração de contradições existentes em um sistema é um meio de descobrir soluções criativas. A TRIZ contém várias ferramentas de eliminação de contradições.

A principal delas é a Matriz de Contradições (MC), a partir da qual pode-se acessar os Princípios Inventivos (PIs) utilizados por inventores de diversas áreas, na resolução de contradições semelhantes. O Método dos Princípios Inventivos (MPI) e Matriz de Contradições (MC) serão detalhados no decorrer deste artigo.

2.3.1.2 Questionário de Situação da Inovação (QSI)

O Questionário de Situação da Inovação (QSI), desenvolvido por Boris Zlotin, é uma ferramenta analítica que se consolidou como parte da TRIZ clássica no final dos anos 90, sendo adotada pelo seu inventor e incluída na obra *Tools of Classical TRIZ*, visando suprir uma lacuna de aplicação prática da teoria.

Seu objetivo é estruturar melhor o problema, uma vez que é por meio dele que se explicita o maior número possível de informações relevantes, a partir do qual é possível desenvolver a busca por soluções.

Terninko, Zusman e Zlotin (1998)

oferecem algumas sugestões sobre a forma de preenchimento do QSI, como por exemplo, não usar termos técnicos e quais os itens que devem ser registrados. A sequência sugerida será brevemente apresentada a seguir:

- 1) Informações sobre o sistema: nome do sistema; função útil (FU) primária; estrutura do sistema; meio ambiente do sistema; recursos disponíveis.
- 2) Informações sobre a situação do problema: defeitos a eliminar; mecanismos que causam defeitos; história de desenvolvimento do problema; outros problemas a serem resolvidos.
- 3) Modificando o sistema: possíveis mudanças no sistema e limitações para mudar o sistema.
- 4) Critérios para selecionar conceitos de solução: características tecnológicas desejáveis; características econômicas desejáveis; tempo desejável; grau de inovação desejado; outros critérios.
- 5) História de tentativas de solução ao problema: tentativas anteriores de resolver o problema e outros sistemas com problemas semelhantes.
- 6) Resultado Final Ideal (RFI).

2.3.1.3 Princípios Inventivos e Parâmetros de Engenharia

Os Princípios Inventivos (PIs) são heurísticas ou sugestões de possíveis soluções, para resolução de um determinado problema. Tais princípios foram obtidos a partir da generalização e agrupamento de soluções repetidamente utilizadas na criação, desenvolvimento e melhoria de sistemas técnicos de diferentes áreas.

Correspondem aos princípios regulares utilizados em soluções inovadoras, identificados no desenvolvimento de projetos através da análise de uma grande quantidade de patentes (DE CARVALHO; BACK, 2001).

Por sua vez, os Parâmetros de Engenharia (PEs) correspondem à generalização das grandezas envolvidas em problemas técnicos de diferentes áreas. Conforme o tipo de problema, estas grandezas devem ser maximizadas, minimizadas ou mantidas ao redor de um valor meta.

Tendo em vista ambos os conceitos apresentados, o inventor da TRIZ, Altshuller, formulou 40 Princípios Inventivos, apresentados no Quadro 1, e identificou 39 Parâmetros de Engenharia, apresentados no Quadro 2.

Quadro 1 - Os 40 Princípios Inventivos

1- Segmentação ou Fragmentação	21- Aceleração
2- Remoção ou Extração	22- Transformação de prejuízo em lucro
3- Qualidade Localizada	23- Retroalimentação
4- Assimetria	24- Mediação
5- Fusão ou Consolidação	25- Autosserviço
6- Universalização	26- Cópia
7- Aninhamento	27- Uso e descarte
8- Contrapeso	28- Substituição de meios mecânicos
9- Compensação prévia	29- Construção pneumática ou hidráulica
10- Ação prévia	30- Uso de filmes finos e membranas flexíveis
11- Amortecimento prévio	31- Uso de materiais porosos
12- Equipotencialidade	32- Mudança de cor
13- Inversão	33- Homogeneização
14- Recurvação	34- Descarte e regeneração
15- Dinamização	35- Mudança de parâmetros e propriedades
16- Ação parcial ou excessiva	36- Mudança de fase
17- Transição para nova dimensão	37- Expansão térmica
18- Vibração mecânica	38- Uso de oxidantes fortes e atmosferas enriquecida
19- Ação periódica	39- Uso de atmosferas inertes
20- Continuidade de ação útil	40- Uso de materiais compostos.

Quadro 2 - Os 39 Parâmetros de Engenharia

1- Peso do objeto em movimento	21- Potência
2- Peso do objeto parado	22- Perda de energia
3- Comprimento do objeto em movimento	23- Perda de substância
4- Comprimento do objeto parado	24- Perda de informação
5- Área do objeto em movimento	25- Perda de tempo
6- Área do objeto parado	26- Quantidade de substância
7- Volume do objeto em movimento	27- Confiabilidade
8- Volume do objeto parado	28- Precisão de medição
9- Velocidade	29- Precisão de fabricação
10- Força	30- Fatores indesejados atuando no objeto
11- Tensão, pressão	31- Efeitos colaterais indesejados
12- Forma	32- Manufaturabilidade
13- Estabilidade do objeto	33- Conveniência de uso
14- Resistência	34- Manutenibilidade
15- Durabilidade do objeto em movimento	35- Adaptabilidade
16- Durabilidade do objeto parado	36- Complexidade do objeto
17- Temperatura	37- Complexidade de controle
18- Brilho	38- Nível de automação
19- Energia gasta pelo objeto em movimento	39- Produtividade.
20- Energia gasta pelo objeto parado	

Fonte: Os Autores

2.1.3.4 Método dos Princípios Inventivos (MPI) e Matriz de Contradições (MC)

Os Princípios Inventivos (PIs) podem ser aplicados de duas formas. A primeira é pelo uso direto, que consiste em realizar uma simples análise de cada um dos 40 princípios e aplicar de maneira análoga no sistema técnico a ser melhorado. A aplicação é realizada livremente, como se faria em uma sessão de *brainstorming*, por meio de questões evocativas.

A segunda forma é por meio da Matriz de Contradições (MC) e corresponde aos seguintes procedimentos: 1) identificação das contradições técnicas dentro do sistema; 2) modelagem das

contradições encontradas em Parâmetros de Engenharia (PEs) conflitantes; 3) definição dos PIs a utilizar, a partir de uma consulta à MC; 4) aplicação dos PIs para buscar soluções.

A MC permite o cruzamento dos PEs conflitantes, sugerindo PIs que já foram utilizados anteriormente na resolução de uma contradição análoga. No cruzamento das linhas com as colunas estão os números que identificam os PIs mais utilizados para a solução da contradição dos parâmetros conflitantes.

Um exemplo segmentado da MC pode ser observado na Figura 1, mas a MC completa pode ser encontrada em Altshuller (1969) *apud* Terninko, Zusman, Slotin (1998).

Figura 1 – Segmento da Matriz de Contradição (MC) criada por Altshuller.

Resultado Indesejado		...		10	11	...		39
		Característica a alterar		Tensão ou Pressão				
...	...							
4	Comprimento do objeto parado							
5	...							
		Princípios Inventivos (PIs) sugeridos pela Matriz de Contradições (MC)						
		Contradições técnicas conflitantes modeladas em termos de Parâmetro de Engenharia (PE)						
39	...							

Fonte: Regalla, 2018.

Importante ressaltar que a aplicação do Método dos Princípios Inventivos (MPI) e da Matriz de Contradição (MC) requer um alto grau de abstração.

Os princípios reunidos nas ferramentas da TRIZ configuram as soluções de problemas obtidas a partir de análises do desenvolvimento de patentes criadas pelas maiores mentes inventivas do mundo.

2.2. Metodologia

Com base no que foi apresentado, realizou-se uma interpretação dos PIs originais da TRIZ para o campo de projetos do setor de AEC, propiciando a elaboração de um instrumento robusto para a sistematização do processo decisório diante de situações conflitantes em projetos desse setor.

Sendo assim, deu-se início à nova interpretação. Inicialmente, fez-se uma análise

detalhada de três trabalhos anteriores, nos quais, dois apresentam, por meio de exemplos, situações em que os PIs originais da TRIZ podem ser aplicados para projetos de arquitetura (MANN; O’CATHAIN, 2001) e de construção (LABUDA, 2015) e outro que buscou iniciar o processo de adaptação desses 40 PIs em termos de objetivos arquitetônicos (KIATAKE, 2004), servindo como base para elaboração do instrumento proposto no presente trabalho.

Em suma, a análise detalhada desses estudos, associada ao conhecimento sobre engenharia civil dos autores deste artigo, fez emergir uma nova interpretação dos PIs da TRIZ para projetos do setor de AEC.

O desenvolvimento da nova interpretação abrangeu a seguinte trajetória: primeiramente os objetivos arquitetônicos delineados por Kiatake (2004) foram ampliados para objetivos específicos de projetos de AEC e os 40 PIs da TRIZ clássica foram associados a pelo menos um

dos objetivos específicos de AEC, de acordo com a interpretação dos autores.

Em seguida, os PEs, que haviam sido extraídos a partir de patentes de projetos de produtos, foram interpretados para casos de projetos no setor de AEC. Por fim, formulou-se uma automatização no programa Excel para transpor a MC original da TRIZ em uma nova MC, agora destinada a projetos de AEC (REGALLA, 2018). Esse último processo foi realizado de maneira automática, por meio de fórmulas, para evitar erros humanos de digitação.

2.2.1 Interpretação da TRIZ clássica para o Setor de AEC

2.2.1.1 Objetivos Específicos de Projetos de AEC

Baseado nos objetivos arquitetônicos estabelecidos por Kiatake (2004), foram definidos 18 objetivos específicos para projetos do setor de AEC. São eles:

- a) Visibilidade: inclui tanto o conforto quanto o impacto visual relacionado ao sistema de iluminação, uso de cores, texturas e contrastes, além da estética;
- b) Conforto Olfativo: relacionado aos estímulos olfativos característicos do ambiente;
- c) Conforto Acústico: relacionado às propriedades acústicas dos materiais (capacidade de absorver, refletir e transmitir sons e ruídos), bem como ao posicionamento das estruturas que permitem a propagação de sons;
- d) Conforto Térmico: relacionado ao bem estar gerado pela temperatura ambiente e umidade;
- e) Eficiência: capacidade de ser efetivo, competente, produtivo, conseguindo o melhor rendimento com o mínimo de erros e/ou dispêndios;
- f) Ergonomia: tudo que relaciona a interação homem-máquina, incluindo a otimização das condições de trabalho humano;
- g) Equilíbrio: posição estável (sem oscilação ou desvios) relacionada à condição de um sistema em que as forças que sobre ele atuam se compensam, anulando-se mutuamente;
- h) Flexibilidade: relacionado à maleabilidade dos elementos;
- i) Independência: separação de funções, relacionado à autonomia, liberdade com

relação a algo ou imparcialidade;

- j) Movimento: relacionado ao deslocamento, mudança de posição, locomoção;
- k) Praticidade: relativo à facilidade, funcionalidade ou usabilidade de um objeto ou prática;
- l) Produtividade: referente ao resultado daquilo que se produz, do que é rentável, relacionando os meios, recursos utilizados e a produção final, associado à técnica e ao capital empregado;
- m) Racionalização: relativo à distribuição controlada de recursos, bens e serviços escassos/limitados;
- n) Segurança: estado, qualidade ou condição de algo ou alguém que está livre de perigos, incertezas, assegurado de danos e riscos eventuais;
- o) Acessibilidade: relacionado à facilidade na aproximação, no tratamento ou na aquisição;
- p) Sustentabilidade: ações e escolhas relacionadas ao desenvolvimento econômico e material do empreendimento sem agredir o meio ambiente, usando os recursos naturais de forma inteligente;
- q) Estanqueidade: objetos e estruturas estanques, isentos de furos, trincas ou porosidades que possam deixar sair ou entrar parte de seu conteúdo;
- r) Durabilidade: relacionado à vida útil.

2.2.1.2 Princípios Inventivos para Projetos de AEC

Em seguida, os 40 Pis (quadro 3) originais da TRIZ foram contemplados um a um e relacionados a pelo menos um dos 18 objetivos específicos supracitados, aproveitando e adaptando os exemplos encontrados em trabalhos anteriores (MANN; Ó'CATHAIN, 2001; KIATAKE, 2004; LABUDA, 2015).

O processo de desenvolvimento do pensamento e associações circunstanciais que levaram a consolidar essas relações estão fundamentadas de forma detalhada, por meio de exemplos, em Regalla (2018).

2.2.1.3 Matriz de Contradições para Projetos de AEC

A partir da interpretação dos conceitos fundamentais da TRIZ clássica para projetos do setor de AEC, a principal ferramenta dessa teoria também foi adaptada para viabilizar sua

utilização em projetos de AEC.

A Figura 2 mostra um exemplo de parte dessa nova matriz que fornece como resultado

uma sugestão de solução para as contradições de projeto, traduzidos em objetivos específicos do setor de AEC, invés de princípios inventivos.

Quadro 3 - Princípios Inventivos para o setor de AEC

Objetivos específicos:	Princípios Inventivos originais da TRIZ:
a) Visibilidade:	2, 3, 4, 5, 6, 13, 14, 16, 17, 19, 22, 24, 26, 32, 33, 35, 40;
b) Conforto Olfativo:	2, 24;
c) Conforto Acústico:	2, 18, 24, 28, 31, 39;
d) Conforto Térmico:	3, 11, 13, 14, 17, 23, 24, 29, 31, 32, 35, 36, 38;
e) Eficiência:	1, 3, 5, 6, 9, 13, 14, 17, 19, 23, 25, 28, 33, 35, 36, 38, 40;
f) Ergonomia:	4, 14;
g) Equilíbrio:	6, 8, 12, 24, 39;
h) Flexibilidade:	2, 15, 30, 35, 37;
i) Independência:	1;
j) Movimento:	15;
k) Praticidade:	5, 6, 7, 10, 13, 26, 29, 30;
l) Produtividade:	1, 3, 6, 10, 16, 18, 20, 21, 23, 25, 27, 29;
m) Racionalização:	1, 4, 5, 7, 13, 14, 16, 17, 19, 20, 22, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 34, 36, 37;
n) Segurança:	1, 2, 3, 9, 10, 11, 13, 14, 16, 18, 21, 23, 26, 31, 32, 35;
o) Acessibilidade:	1, 5, 12, 15, 32;
p) Sustentabilidade:	2, 5, 9, 20, 21, 34;
q) Estanqueidade:	1, 3, 4, 14, 30;
r) Durabilidade:	3, 9, 11, 12, 13, 14, 21, 35.

Fonte: Elaboração Própria

Figura 2 – Exemplo da Matriz de Contradições (MC) adaptada para o setor de AEC



Fonte: Regalla, 2018.

2.2.2 Estudo de Caso

Um estudo de caso foi realizado no Instituto de Puericultura e Pediatria Martagão Gesteira (IPPMG), localizado na Ilha do Fundão, no Rio de Janeiro (Figura 3), com objetivo de testar e validar o instrumento proposto neste trabalho. O instrumento foi aplicado em um projeto de reforma de algumas unidades do hospital (Figura 4) realizado por uma equipe de

alunos da empresa júnior de engenharia da UFRJ, a Fluxo Consultoria.

O estudo de caso foi conduzido por meio de uma pesquisa exploratória, que visa proporcionar maior familiaridade com o problema, explicitando-o. A condução do estudo de caso seguiu a proposta de conteúdo e sequência sugerida por Cauchick Miguel (2012) e o novo instrumento para sistematização do processo decisório proposto foi aplicado nas etapas iniciais

do projeto de reforma do hospital (programa de necessidades e estudo preliminar).

Figura 3 – Localização do IPPMG.



Fonte: Google Mapas.

O problema de projeto inicial se baseava nos seguintes fatos: as unidades do hospital não atendiam integralmente aos requisitos da legislação proposta pela ANVISA; não conseguiam atuar em sua capacidade máxima (perdendo pacientes por falta de estrutura); e seus funcionários se sentiam frustrados por não conseguirem ser vistos como referência dentro de

um Hospital-Escola (a falta de estrutura também impactava no ensino dos alunos).

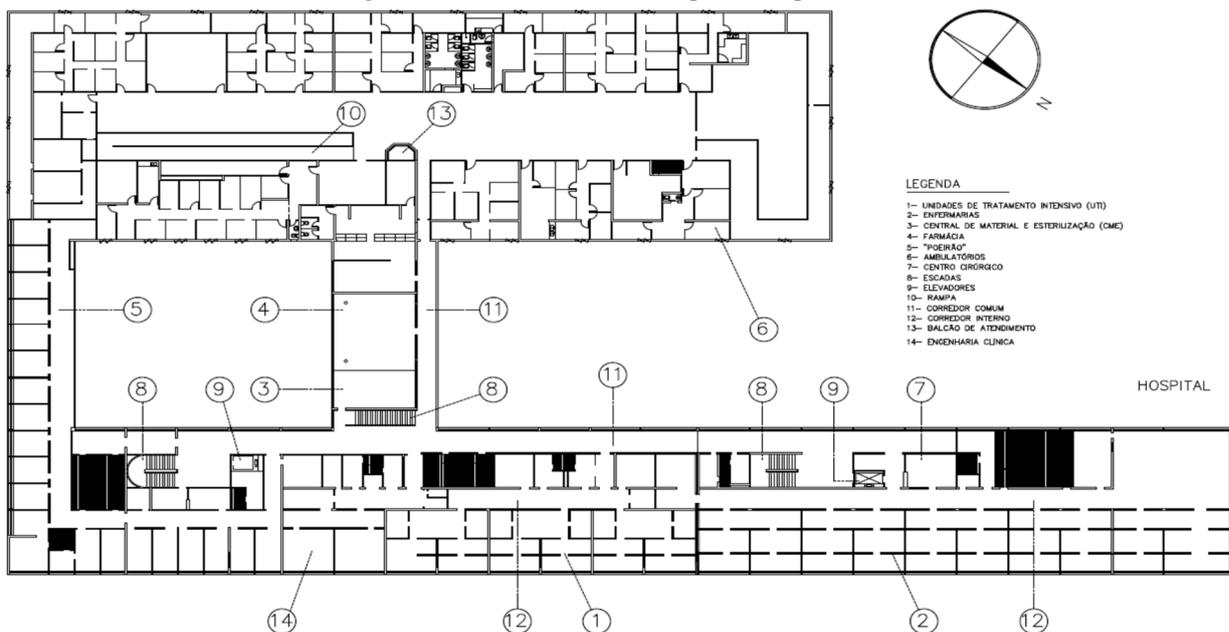
Derivados desses problemas foi possível extrair contradições de projeto e a busca por soluções para essas contradições percorreu alguns caminhos. Neste artigo, será apresentado somente um deles (o mais relevante), que consistiu no uso da principal ferramenta da TRIZ, o MPI.

Primeiramente, fez-se a busca por soluções utilizando a maneira direta, na qual cada Princípio Inventivo (PI) é analisado individualmente e empregado em consequência da estruturação do problema pelo Questionário de Situação da Inovação (QSI). Durante o preenchimento do QSI foi possível estruturar o problema da melhor maneira possível, encontrando-se diversas contradições de projeto.

Ao final do preenchimento do questionário, concluiu-se que o Resultado Final Ideal (RFI) para este projeto específico seria: considerando os objetivos, recursos e as restrições existentes, a solução ideal seria realizar a função útil (FU) "garantir a segurança e o bem estar dos funcionários e pacientes do hospital", sem causar efeitos prejudiciais durante a obra de reforma das unidades funcionais do instituto.

Neste artigo, será analisada detalhadamente uma das contradições identificadas durante a exploração do problema. A análise será feita por meio do MPI, utilizando a Matriz de Contradições da TRIZ clássica e da TRIZ adaptada para projetos do setor de AEC.

Figura 4 – Estrutura do sistema: planta de pavimento.



Fonte: Regalla, 2018.

2.2.2.1 Preenchimento do Questionário de Situação da Inovação (QSI)

Como explicado anteriormente, o QSI serve para melhor estruturar o problema, uma vez que é por meio dele que são explicitadas o maior número possível de informações relevantes, a partir do qual é possível desenvolver a busca por soluções. A elaboração do QSI deste caso seguiu o roteiro proposto por Terninko, Zusman e Zlotin (1998).

A partir do preenchimento deste questionário foi possível explicitar:

- Função útil (FU) primária: garantir a segurança e o bem estar dos pacientes e seus funcionários, bem como proporcionar atividades de ensino, pesquisa e extensão para os alunos da universidade.
- Estrutura do sistema: o sistema atual é composto pelo 2º pavimento do Bloco C do IPPMG que consiste em: Unidade de Tratamento Intensivo (UTI) com 10 leitos; Enfermarias: 6 enfermarias pediátricas, com um total de 54 leitos disponíveis, sendo 46 leitos clínicos pediátricos e 8 leitos reservados à Cirurgia Pediátrica; Central de Material e Esterilização (CME): um espaço de 50 m²; Farmácia: um espaço de 120 m²; “Poeirão”: um local com uma obra inacabada com 450 m²; Ambulatórios: composto por 94 consultórios; Centro Cirúrgico: uma sala cirúrgica com 50 m², além de uma enfermaria destinada exclusivamente aos pacientes cirúrgicos; Engenharia Clínica.
- Funcionamento do sistema: em relação às áreas funcionais, um paciente que está na Enfermaria e tem seu quadro clínico agravado é conduzido para o UTI através do corredor comum do hospital. Se a situação do paciente piorar, e o caso for cirúrgico, o paciente é conduzido, também pelo corredor comum, para o Centro Cirúrgico. Em relação às áreas não funcionais, os médicos, enfermeiros, residentes e plantonistas reclamam da área ínfima de “lazer” e descanso (como copa, quarto, banheiros para tomar banho etc.) e falta de áreas administrativas para organizar os processos.
- Funcionamento do sistema desejado: seria um projeto no qual o paciente fosse conduzido da Enfermaria para o UTI e, em seguida, para o Centro Cirúrgico por corredores internos, seguindo uma espécie de “linha de produção”, sem misturar os fluxos (entrada-saída, pacientes-visitantes). Em relação aos trabalhadores, seria providencial que as áreas de lazer e descanso fossem maiores, melhorando as condições de

trabalho dos funcionários, e que existisse uma parte administrativa para melhor operação e controle das áreas funcionais.

- Recursos disponíveis: têm-se como recursos de tempo o fato da reforma ter que ser realizada enquanto as unidades operam, em relação à recursos de espaço, há um espaço vazio (“poeirão”) que pode ser aproveitado.
- Defeitos a eliminar: a FU é implementada de forma ineficaz ou incompleta e o grau de complexidade do sistema é muito elevado. As unidades funcionais do IPPMG não atendem completamente aos requisitos da legislação proposta pela ANVISA, as mesmas não conseguem operar em sua capacidade máxima (perdem pacientes por falta de estrutura), seus funcionários se sentem frustrados por não conseguirem ser vistos como referência dentro de um Hospital-Escola (falta de estrutura impacta no ensino dos alunos) e as rotas de fuga não são adequadas. Além disso, o prédio é tombado (não podendo, em princípio, ter sua estrutura alterada), o projeto de reforma é um projeto complexo (hospital não pode parar de operar) e os funcionários reclamam das condições de trabalho por falta de áreas de convivência (quartos para descansar, salas de reunião adequadas, banheiros para tomarem banho, copas para lanche etc.).
- Mecanismos que causam defeitos: a demanda do hospital aumentou, mas sua estrutura continuou a mesma.
- História de desenvolvimento do problema: a construção já passou por alguns projetos de reformas que não foram concluídas (espaço chamado de “poeirão” é uma obra inacabada).
- Possíveis mudanças no sistema: a maioria das mudanças é possível considerando o cuidado que deve ser tomado ao realizar uma obra dentro de um hospital em operação (esterilização do local, pacientes com baixa imunidade, falta de espaço).
- Limitações para mudar o sistema: espaço físico externo não pode ser alterado (devido ao tombamento do edifício, sua estrutura não pode ser modificada, ou seja, a área construída não poderá aumentar), mas a logística dos processos de trabalho e os fluxos de pessoas e materiais podem ser adequados.
- Resultado Final Ideal (RFI): considerando os objetivos, recursos e as restrições existentes, o RFI seria realizar as funções úteis (FUs) “garantir a segurança”, “garantir o bem estar” e “proporcionar atividades de ensino,

pesquisa e extensão”, sem causar efeitos prejudiciais (FPs) durante a obra de reforma das unidades funcionais do hospital.

2.2.2.2 Análise da contradição de projeto pelo MPI

Após a explicitação do problema pelo QSI, escolheu-se uma contradição de projeto para analisar detalhadamente. A contradição escolhida foi a seguinte: “As áreas das unidades funcionais devem aumentar para atender ao crescimento do hospital, bem como ao aumento do número de

salas do centro cirúrgico, sem ultrapassar os limites impostos pela estrutura do prédio, que é tombado”.

Em outras palavras, a contradição que aqui se encontra é que algumas áreas do hospital devem crescer, mas a estrutura limite do hospital não pode ser alterada e nem expandida.

O primeiro passo é identificar qual característica deve melhorar em busca da solução do problema e, em seguida, qual característica será prejudicada em função da primeira alteração. Em seguida, deve-se modelar essas características em termos de PEs.

Figura 5 – Modelagem das contradições em termos de Parâmetros de Engenharia (PEs).

Resultado indesejado		...	13	...	39
		estabilidade da composição			
...					
5	área do objeto em movimento				
...					
39					

característica a ser melhorada / alterada

resultado indesejado

Fonte: Elaboração própria.

Sendo assim, para esta contradição, a característica a ser melhorada é o tamanho das unidades funcionais, que pode ser modelada como “área do objeto em movimento“ (PE-5: área necessária para a realização da Função Útil do projeto, ou seja, espaço para circulação de pessoas, veículos etc.).

Já o resultado indesejado causado pela alteração da primeira característica seria a redução de espaço livre para áreas não funcionais, que pode ser modelado como “estabilidade da composição“ (PE-13: flexibilidade da forma, do uso etc. da edificação). A figura 5 ilustra a modelagem.

Fazendo o cruzamento desses dois PEs na MC é possível encontrar princípios inventivos ou objetivos específicos de projeto de AEC capazes de direcionar uma solução, mais próxima possível da solução ideal, para essa contradição.

Sendo assim, primeiramente utilizou-se a MC da TRIZ clássica. Os PIs identificados nessa

matriz estão indicados na Figura 6.

Dos PIs sugeridos, dois conduzem opções de solução: o PI-2 (remoção ou extração) que orienta a extração (remoção ou separação) de uma parte ou propriedade interferente de um objeto, onde ainda extrair a única parte ou propriedade necessária) e o PI-13 (inversão) que fala para, ao invés de realizar uma ação ditada pelas especificações do problema, implementar uma ação oposta, ou ainda tornar o objeto uma peça móvel, ou tornar uma peça móvel imóvel e o meio ambiente externo móvel ou virar o objeto de cabeça para baixo

Assim, o PI-2 (remoção ou extração) conduz a exploração do uso de *containers* na parte externa do edifício como salas para as unidades não funcionais e o PI-13 (inversão) pode sugerir não o aumento de área das unidades funcionais, mas uma reorganização do *layout* das mesmas para que seus espaços sejam otimizados e pareçam maiores.

Realizando o mesmo processo na MC adaptada para projetos do setor de AEC, é possível identificar objetivos específicos de projeto desse setor para direcionar a solução do problema. Os objetivos de projetos de AEC identificados na MC da nova interpretação estão apresentados na Figura 7.

Dos Objetivos sugeridos, outras soluções podem ser extraídas a partir de três deles: o objetivo (a) “visibilidade” conduz a solução de

projeto de divisória de áreas com paredes de vidro para aparentarem mais amplas, o objetivo (k) “praticidade” direciona ao uso de janelas do tipo *pass through* para dispensar medicamentos (Figura 8), evitando a necessidade de portas e movimentação desnecessária de pessoas e o objetivo (m) “racionalização” pode sugerir a substituição do elevador mecânico comum por um elevador hidráulico, dispensando espaço para casa de máquinas.

Figura 6 - PIs para a 1ª contradição pela TRIZ clássica.

Resultado indesejado		...	13	...	39
		estabilidade da composição			
Parâmetro a alterar					
...					
5	área do objeto em movimento		11, 2, 13, 39		
...					
39					

Princípios Inventivos sugeridos pela MC da TRIZ clássica

Fonte: Elaboração própria.

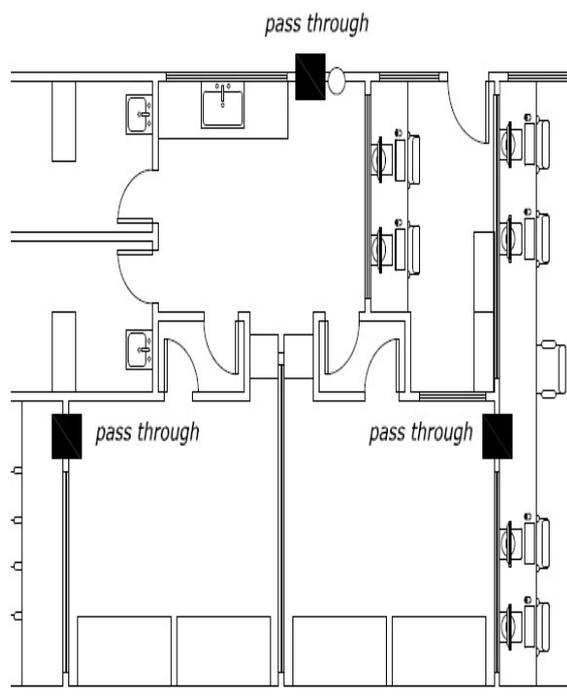
Figura 7 - Objetivos de projetos de AEC para a 1ª Contradição.

Resultado indesejado		...	13	...	39
		estabilidade da composição			
Parâmetro a alterar					
...					
5	área do objeto em movimento		a, b, c, h, n, p, d, r, k, m, g		
...					
39					

Objetivos específicos sugeridos pela MC adaptada para o setor de AEC

Fonte: Elaboração própria.

Figura 8 – Uso de janelas do tipo *pass through* no projeto de reforma da farmácia.



Fonte: Planta fornecida aos Autores pela Fluxo Consultoria.

3. Resultados e Discussões

Como o estudo de caso foi conduzido de maneira retrospectiva, algumas das soluções exploradas com o uso das ferramentas de sistematização do processo de tomada de decisões coincidem com as soluções reais, dadas pela equipe de projetistas junto ao cliente. Além disso, diversos outros métodos poderiam ser somados ao processo de projeto, de forma a enriquecer a geração de ideias, bem como incluir critérios de avaliação das opções geradas.

Porém, o presente trabalho não tinha como objetivo apresentar novas ideias ao projeto de reforma do hospital, nem solucionar o problema por completo, mas analisar a aplicação da TRIZ, ressaltando os pontos negativos e positivos do uso da teoria em projetos do setor de AEC.

Os pontos negativos percebidos dizem respeito à dificuldade de abordagem da arquitetura e construção como um produto. Por vezes, foi necessário um nível de abstração muito alto dos conceitos da TRIZ para conseguir aplicá-los em projetos do setor de AEC, especialmente no momento de adaptar os 40 PIs da TRIZ para os 18 objetivos específicos do setor de AEC, visto que os 40 princípios foram obtidos a partir da análise de milhares de patentes, estudadas intensamente por décadas. Além disso, como o

campo da arquitetura mistura tecnologia com arte, o conceito de inovação, na arquitetura, muitas vezes, relaciona-se a novas composições, desenhos e interpretações histórico-conceituais. Esse aspecto subjetivo da arquitetura é essencial e, neste sentido, permanece alheio ao método classificatório utilizado dentro da TRIZ, embora possa ser evidenciado na estruturação do problema, propiciando um entendimento mais objetivo.

Como pontos positivos, pode-se ressaltar que a metodologia não só encurta o processo de projeto como também confere maior domínio do mesmo aos seus integrantes. A utilização da TRIZ em projetos do setor de AEC oferece um método alternativo ao tradicional “tentativa-e-erro”, uma vez que suas ferramentas induzem a completa estruturação do problema, tornando possível sua releitura. Isto é, as contradições existentes no projeto são abstraídas a um problema genérico, no qual as soluções já são conhecidas, possibilitando, por analogia, atingir soluções únicas para o problema específico.

Nesse sentido, a utilização da metodologia rompe a inércia psicológica quando obriga o indivíduo a ter um amplo conhecimento de todas as partes do problema, estruturando-o da melhor maneira possível, para tornar exequível a aplicação dos PIs. Isso enriquece o repertório de projeto, tornando-o mais confiável e eficaz. Além disso, com o domínio total do processo de projeto, a transmissão do conhecimento gerado torna-se factível.

Outro aspecto positivo muito relevante dá-se ao fato da mudança no paradigma de como os arquitetos enxergam o problema na arquitetura. Geralmente, os projetos de arquitetura são vistos como únicos, pressupondo-se que só existe uma forma de resolver aquele problema específico, ou seja, que cada projeto geraria uma solução inédita enquanto, na realidade, muitas vezes o que ocorre é a “reinvenção da roda”.

É claro que pode haver uma unicidade e exclusividade em relação aos aspectos artísticos da arquitetura, mas em termos práticos e funcionais várias inovações existentes em outros domínios podem e devem contribuir para uma prática de projeto mais eficiente.

Em contrapartida, os profissionais da indústria de construção civil tendem ao tradicionalismo e, apesar das diversas iniciativas de incentivo à inovação, o setor ainda apresenta grande resistência. Seja por segurança ou por já possuir o *know-how* de determinada técnica construtiva, a quebra de paradigma aqui está relacionada a ampliar o horizonte e enxergar

como os padrões de evolução tecnológicos podem beneficiar suas práticas construtivas, gerando soluções inovadoras.

Por fim, o aspecto positivo mais relevante que pôde ser percebido com os resultados desse estudo de caso, e que motiva a continuidade do desenvolvimento da TRIZ para projetos do setor de AEC, é a possibilidade de atingir o objetivo final de maneira mais rápida e eficiente.

De um lado, a teoria incentiva o projetista a realizar a classificação dos requisitos conflitantes e abstrair as possíveis soluções em termos de PIs, chegando muito próximo de uma solução ideal, uma vez que esse método visa à eliminação completa das contradições de projeto invés do estabelecimento de compromissos entre elas.

Por outro lado, possibilita estruturação plena do problema por parte do cliente, que muitas vezes só consegue enxergar as contradições conforme o problema vai sendo resolvido e faz com que o processo de projeto se torne vagaroso e exaustivo.

Se por um lado a aplicação da TRIZ em projetos do setor de AEC necessita de um alto grau de abstração de seus conceitos – e por isso é fundamental sua adaptação – por outro lado a teoria confere uma metodologia que guia e direciona o processo de projeto num caminho que tende ao resultado final ideal.

4. Considerações Finais

Este trabalho teve como finalidade explorar a sistematização do processo de tomada de decisões em projetos do setor de AEC a partir de um instrumento baseado nos conceitos fundamentais da TRIZ. Apesar de utilizar uma teoria com base referencial antiga, pode-se dizer que o assunto continua atual na medida que sistematiza o pensamento inovador. Assim, durante o desenvolvimento deste trabalho, observou-se aspectos positivos de sua aplicação no processo de tomada de decisões em projetos e ao uso de instrumento de sistematização desse processo pela equipe de projetos e pelos clientes.

Uma questão relevante no projeto foi o uso de desenhos e plantas como forma de linguagem para superar a restrição do cliente não ter familiaridade com a área de AEC. Isso criou um obstáculo na fase de definição dos requisitos iniciais de projeto durante o estudo preliminar, uma vez que, apesar dos clientes saberem quais eram suas necessidades, não existia uniformidade entre a visão das duas partes (projetistas-funcionários do hospital). Somente quando as primeiras soluções eram apresentadas,

por meio de croquis e plantas, o cliente passava a “enxergar” melhor o problema. O uso desses objetos intermediários possibilita a convergência de ideias para a solução final. Da mesma forma, para alcançar as soluções obtidas pela TRIZ, foi necessário analisar, a partir das plantas, quais princípios e objetivos poderiam oferecer resultados melhores em termos de projetos arquitetônicos e de construção.

Além disso, com a realização do estudo de caso foi possível observar na prática como a TRIZ é capaz de contribuir para projetos do setor de AEC. Verificou-se que o uso direto dos PIs da TRIZ clássica culminou, mesmo que em menores proporções, com a emergência de algumas ideias. No entanto, foi com o uso da teoria adaptada para a realidade do setor que um número significativo de soluções foi atingido. A metodologia utilizada permitiu, assim, uma delimitação do espaço de busca por soluções, possibilitando uma forma alternativa para projeto ao tradicional método de tentativa-e-erro. É importante ressaltar que essa adaptação foi realizada pela interpretação dos autores.

Certamente, se outro indivíduo fizesse a associação dos PIs da TRIZ para os objetivos específicos do setor de AEC, o resultado não seria idêntico. Essa variação sempre irá existir em função da experiência e do repertório de projetos que cada um possui.

Outra conclusão interessante relaciona-se com o aspecto intuitivo da resolução de problemas inventivos. Como a análise do estudo de caso foi realizada após as últimas reuniões de projeto, a autora já tinha em mente qual percurso o projeto percorreu até chegar à solução final. Com isso, muitas das soluções oferecidas para eliminar as contradições a partir da TRIZ coincidiram com soluções sugeridas pelo próprio cliente.

Assim, percebeu-se que, tanto os PIs da TRIZ clássica, quanto os objetivos de AEC, foram utilizados de maneira espontânea pelos funcionários do hospital, atingindo, de maneira intuitiva, as mesmas soluções. No entanto, se a TRIZ fosse aplicada na fase inicial de projeto, junto aos funcionários, certamente as ideias que resultaram na solução final teriam emergido mais rapidamente, ganhando tempo e evitando retrabalho.

Concluindo, o trabalho mostrou a viabilidade do uso de metodologias sistemáticas de suporte ao projeto no setor de AEC, melhorando a eficácia da busca por soluções, facilitando a emergência das relações entre os elementos do projeto e contribuindo para a redução do tempo de desenvolvimento do projeto.

Referências

- ALTSHULLER, G. S. **Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems**. New York: Gordon and Breach, 1969.
- CAUCHICK MIGUEL, P. A. (Org.). **Metodologia de pesquisa para engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- CROSS, N. **Engineering Design Methods: Strategies for Product Design**. 3th ed. Milton Keynes, UK: Wiley, 2008.
- DE CARVALHO, M. A. **Metodologia Ideatriz Para a Ideação de Novos Produtos**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
- DE CARVALHO, M. A.; BACK, N. **Uso dos Conceitos Fundamentais da TRIZ e do Método dos Princípios Inventivos no Desenvolvimento de Produtos**. In: 3º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto, p. 1–8, set. 2001.
- KIATAKE, M. **Modelo de Suporte ao Projeto Criativo em Arquitetura: uma Aplicação da TRIZ – Teoria da Solução Inventiva de Problemas**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2004.
- LABUDA, I. **Possibilities of applying TRIZ methodology elements (the 40 Inventive Principles) in the process of architectural design**. *Procedia Engineering*, v. 131, p. 476–499, 2015.
- MANN, D.; Ó’CATHAIN, C. **40 Inventive Principles With Examples**. *Change*, v. 44, n. 23 May 2008, p. 1–19, 2001.
- NAVEIRO, R. M. Engenharia do Produto. In: BATALHA, M. O. (Ed.). **Introdução a Engenharia de Produção**. 1a. ed. Rio de Janeiro: Elsevier / Campus, 2007. p. 135–156.
- REGALLA, D. A. P. **Uma Proposta de Instrumento para Sistematização do Processo de Tomada de Decisão em Projetos do Setor de Arquitetura, Engenharia e Construção Baseado na TRIZ**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, 2018.
- SAVRANSKY, S. D. **Engineering of Creativity**. Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving, v 53. Boca Raton: CRC Press, 2000.
- TERNINKO, J.; ZUSMAN, A.; ZLOTIN, B. **Systematic innovation : an introduction to TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving)**. Boca Raton: CRC Press, 1998
- ZLOTIN B., ZUSMAN A., ALTSHULLER G., PHILATOV V. **TOOLS OF CLASSICAL TRIZ**. Ideation International Inc., ISBN 1928747027, 1999.