

**Tecnologia, inovação e sustentabilidade:
50 anos de Cursos de Tecnologia no Brasil.**

**Aplicação da realidade aumentada no desenvolvimento de *design*
de novos produtos na indústria automobilística: uma análise
bibliométrica do estado da literatura.**

Emerson Damo ¹, Antonio Cesar Galhardi ²

Resumo - Este artigo apresenta um estudo bibliométrico das pesquisas científicas realizadas no campo de desenvolvimento de novos veículos automotores com a aplicação da realidade aumentada (RA). O foco deste estudo é investigar como as ferramentas de RA geram inovação e otimizam custos e tempo na fase de pré-projeto de *design*. Foram consultadas as bases de dados *Scopus*, *Web of Science* e *Google Scholar*, com o intuito de levantar o estado da arte da literatura e identificar possíveis gaps de pesquisa. A análise dos dados obtidos demonstrou que os temas *virtual reality* e *augmented reality* apresentam uma razoável literatura disponível. Também evidenciou-se que existem poucos estudos científicos sobre as vantagens e desvantagens das ferramentas de RA na fase de *design* do produto.

Palavras-chave: Sistemas Produtivos, Inovação, Realidade Virtual, Realidade Aumentada, *Design* Automotivo.

Abstract - This article presents a bibliometric study of the scientific research conducted in the field of new vehicles development with the application of the augmented reality (AR). The focus of this study is to investigate how AR tools generate innovation and optimize costs and time in the pre-design phase. It was consulted the databases *Scopus*, *Web of Science* and *Google Scholar* in order to find the state of the art of the literature and to identify possible research gaps. The data analysis has demonstrated that the themes virtual reality and augmented reality present a reasonable available literature. It has also demonstrated that there are few scientific studies on the advantages and disadvantages of AR tools in the product design phase.

Keywords: Productions System, Innovation, Virtual Reality, Augmented Reality, Automotive *Design*.

¹ CEETPS- Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza

² CEETPS- Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza

1. Introdução

A evolução da indústria automobilista é caracterizada pela convergência de tecnologias e *design* (Grant, 2016).

O *design* do produto é um recurso estratégico que cresceu em importância nos últimos anos na indústria automobilística. Os consumidores de veículos automotores estão cada vez mais atentos aos valores agregados ao produto pelo *design*. Os consumidores desejam não apenas ter as melhores e mais modernas tecnologias da engenharia automobilística em seus veículos automotores. Eles necessitam que a aparência estética de um veículo automotor reflita sua personalidade ou status social.

Com a finalidade de atender aos anseios do consumidor e criar vantagem competitiva sobre a concorrência, as montadoras de veículos automotores promovem uma busca constante na redução dos custos e do tempo de desenvolvimento de novos produtos, sempre com incremento de qualidade e inovações a cada ciclo de desenvolvimento. De fato, a história da indústria automobilística é marcada pela evolução constante dos métodos e das estratégias para se desenvolver novos e melhores produtos.

Dentro do processo de desenvolvimento de um novo veículo automotor, com foco em redução de custos e tempo, torna-se imprescindível a identificação e resolução de problemas nas fases iniciais do projeto. Este contexto levou a indústria automobilística a basear o seu processo de desenvolvimento de um novo produto em ferramentas de realidade virtual.

Este trabalho buscou levantar por meio de um estudo bibliométrico o estado da arte da literatura científica sobre as aplicações de realidade virtual e aumentada na indústria automobilística na fase de *design* do produto, e investigar como estas ferramentas podem gerar inovação pela otimização de custos e tempo de desenvolvimento.

2. Referencial Teórico

De acordo com Verganti (2008) existem três possibilidades de estratégia de inovação: a inovação empurrada pelo mercado; a inovação puxada pela tecnologia; e a inovação norteada pelo *design*. A inovação pelo *design* parte do entendimento de mudanças sutis e não verbalizadas na sociedade, e resulta na proposta de significados e linguagens de *design* radicalmente novos.

Farhana e Bimenyimana (2015) afirmam que o *design* é um recurso estratégico importante para as empresas, uma vez que os consumidores estão cada vez mais sensíveis à linguagem do *design*, isto é, à combinação do valor estético, simbólico e emocional dos produtos. Para os autores, é cada vez mais evidente a ligação entre *design*, inovação e vantagem competitiva. As empresas conseguem criar e manter uma vantagem competitiva sustentável por meio de uma abordagem estratégica do *design* e de aplicação de inovação.

Filippi e Barattin (2019) definem a atividade de *shape design* como o desenvolvimento de produtos por meio de formas exclusivas que determinam tendências e funções ao produto. O objetivo do *design* é despertar emoções específicas nos consumidores durante a experiência de uso do produto. O processo

criativo de *shape design* ocorre por meio da interação dos *designers* com as formas a partir dos sentidos relacionados ao toque e à visão.

Para Shao *et al.* (2012), o processo de *design* de veículos automotivos passa por desenvolver as ideias e esboços iniciais do *designer* (*sketches*), por meio de vários processos de modelagem (físicos e virtuais), enquanto as soluções de *design* e projeto convergem para a definição do veículo final a ser produzido. De acordo com os autores, no decorrer do processo de *design* de um veículo automotivo são necessários muitos ajustes e modificações.

Os inconvenientes da implementação e avaliação de ajustes e modificações inerentes ao processo de *design* em modelos físicos são representados por: quantidade de tempo na construção do modelo; custos; e risco de erros durante o processo de engenharia reversa (Fiorentino *et al.*, 2002).

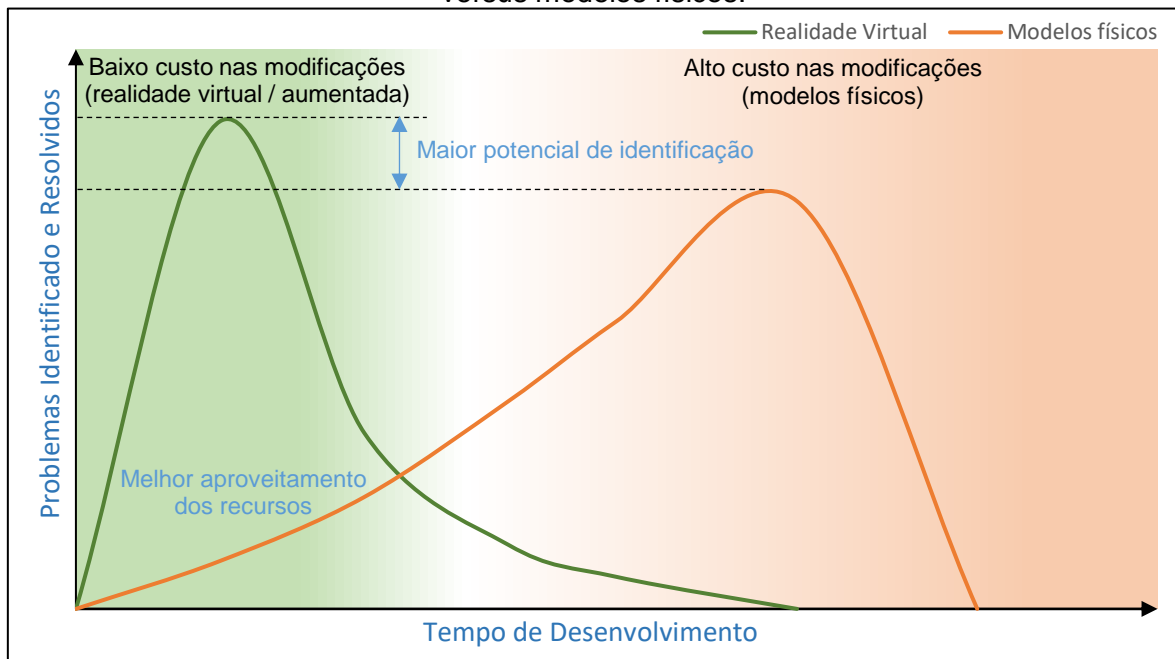
Com o rápido desenvolvimento de *hardwares* e *softwares* nas últimas décadas, o processo de *design* baseado em sistemas de realidade virtual se apresenta como uma alternativa financeiramente melhor, mais ágil e flexível, quando comparado à utilização de modelos físicos, sendo mais capaz de atender os desafios atuais de desenvolvimento de um novo veículo automotivo (Shao *et al.*, 2012).

Sherman e Craig (2018) definem realidade virtual como sendo uma mídia composta por simulações computacionais interativas que detectam a posição e ações dos usuários, e substituem ou aumentam o feedback para um ou mais sentidos, dando ao usuário a sensação de estar imerso na simulação (um mundo virtual). Ainda segundo os autores, realidade aumentada (ou realidade mista) é um meio no qual a informação digital interativa é sobreposta em tempo real no mundo real, aumentando a quantidade de informações disponíveis para os usuários quando comparado com a percepção normal. A realidade aumentada é considerada um tipo de realidade virtual.

Milella (2015) afirma que um dos principais objetivos da indústria automobilística sempre foi reduzir os custos e o tempo de desenvolvimento de novos veículos automotores sem comprometer a qualidade do produto. No decorrer da história da indústria automobilística é notável a evolução dos métodos e estratégias para se obter melhores produtos com ciclos de desenvolvimento cada vez menores. O autor observa que esta evolução é diretamente proporcional à capacidade crescente de identificar e resolver problemas nos estágios iniciais do desenvolvimento de novos produtos.

Ainda segundo Milella (2015), a indústria automobilística utiliza duas abordagens principais com o objetivo de diminuir a ocorrência de problemas e reduzir o tempo de desenvolvimento de um novo produto: a transferência de conhecimento, que explora soluções de *design*, projeto e manufatura adotados em modelos lançados anteriormente no mercado; e a resolução rápida de problemas, utilizando métodos avançados de realidade virtual, com a criação de veículos virtuais desde os primeiros estágios do desenvolvimento de um novo produto. A figura 1 apresenta um comparativo entre os processos de desenvolvimento de novos produtos usando ferramentas de realidade virtual *versus* modelos físicos.

Figura 1 – Comparativo de tempo, custos e solução de problemas: realidade virtual versus modelos físicos.



Fonte: adaptado de Milella (2015, pág. 861)

Lawson *et al.* (2016) afirmam que, para se manter competitiva, a indústria precisa estar constantemente atualizada com as mais novas oportunidades tecnológicas e disposta a mudar os sistemas e procedimentos existentes para implementar novos mais eficientes e eficazes. Atualmente o mercado impõe o aumento da qualidade dos produtos em ciclos de desenvolvimento cada vez menores, sendo que esta tendência deve se acentuar no futuro. O aprimoramento da qualidade de *hardware* e *software*, aliado à redução de custos, levaram ao amplo uso das ferramentas de realidade virtual na indústria automobilística. Para os autores, o uso de ferramentas de realidade virtual nos processos de desenvolvimento pode aumentar a qualidade final, reduzir o custo total no processo e diminuir o tempo de lançamento de um novo produto. Neste contexto, analisar os problemas com ferramentas de realidade virtual é essencial para que as indústrias possam se manter competitivas.

Bordegoni e Cugini (2006) estudaram a modelagem de formas virtuais por meio de tecnologias hápticas. As tecnologias hápticas combinam aspectos físicos e digitais com o objetivo de que os usuários experimentem as sensações tácteis e as propriedades físicas quando interagem com objetos virtuais. Dentro do processo de *design* a interação física do *designer* com o modelo é considerada importante pois permite a exploração da forma, do estilo, e da avaliação das proporções dos novos produtos. Neste sentido a aplicação das tecnologias hápticas no processo de *design* permite unir as vantagens do tradicional trabalho executado por *designers* e modeladores nos modelos de plastilina (*clay*) com as ferramentas de realidade virtual.

Filippi e Barattin (2019) identificaram as influências das representações de produtos e as atividades de *shape design*. Os autores dividiram as representações do produto como: realidade virtual (RV), representada por produtos virtuais com interações em ambientes virtuais; realidade aumentada (RA), que é a combinação

entre produtos virtuais e ambiente real; e realidade pura (RP), onde os produtos e o ambiente são reais. Os autores estudaram a interação entre *designers* e as representações do produto por meio de quatro formas conhecidas (banana, roda de hamster, clip e megafone), todas representadas em RV, RA e RP. As métricas utilizadas no estudo foram: quantidade, variedade, novidade e utilidade. Para os autores as interações podem ser resumidas como segue: protótipos virtuais influenciam positivamente nas métricas variedade e novidade; protótipos físicos influenciam positivamente nas métricas qualidade e utilidade; e protótipos em realidade aumentada influenciam positivamente em todas as métricas, porém sem um grau de excelência confiável.

3. Método

Com o objetivo de se levantar o estado da literatura sobre a aplicação da realidade aumentada no desenvolvimento de *design* de novos produtos na indústria automobilística, foi utilizado o método de análise bibliométrica. Este método também possibilita a identificação de possíveis gaps de pesquisa.

A busca de conteúdo foi realizada por meio de consultas via internet a partir de combinações booleanas. As palavras-chave utilizadas para criação da *string* de busca nas bases de dados foram: *Shape Design; Design Creation; Automotive Design; Virtual Reality; Virtual Model*. A *string* de busca utilizado em todas as consultas foi: ["*design*" and ("*shape*" or "*creation*" or "*automotive*")] and ["*virtual*" and ("*reality*" or "*model**")].

A partir da ferramenta buscar base do portal de periódicos da CAPES (<http://www.periodocapes.gov.br>), acessou-se as bases de dados *Scopus* e *Web of Science*. Além da *string* de busca definido com as palavras-chave, a consulta englobou os últimos 10 anos (de 2009 até 2019), limitada a artigos e *reviews*.

Para levantamento de dados na base do *Google Scholar* utilizou-se o software *Publish or Perish*®, versão 6.49.6406. Utilizou-se o mesmo critério da consulta às bases de dados *Scopus* e *Web of Science*. O software utilizado não permitiu a limitação da consulta a artigos e *reviews*.

O Quadro 1 apresenta as bases de dados utilizadas, os dias nos quais foram feitas as consultas, e a quantidade de trabalhos científicos encontrados em cada uma delas.

Quadro 1 – Base de dados, dias e quantidade de trabalhos científicos encontrados

Base de Dados	Dia	Quantidade de trabalhos científicos
<i>Web of Science</i>	31/05/2019	1.536
<i>Google Scholar</i>	02/06/2019	955
<i>Scopus</i>	03/06/2019	1.239

Fonte: dados da pesquisa

Os metadados dos trabalhos científicos encontrados nas bases de dados pesquisadas foram exportados para o *software Endnote X9*®. Foram exportados os metadados: autor; título; fonte; e resumo. Por meio do *software Endnote X9*® foram aplicados filtros e análises quantitativas para a seleção dos trabalhos científicos mais relevantes, conforme descritos a seguir.

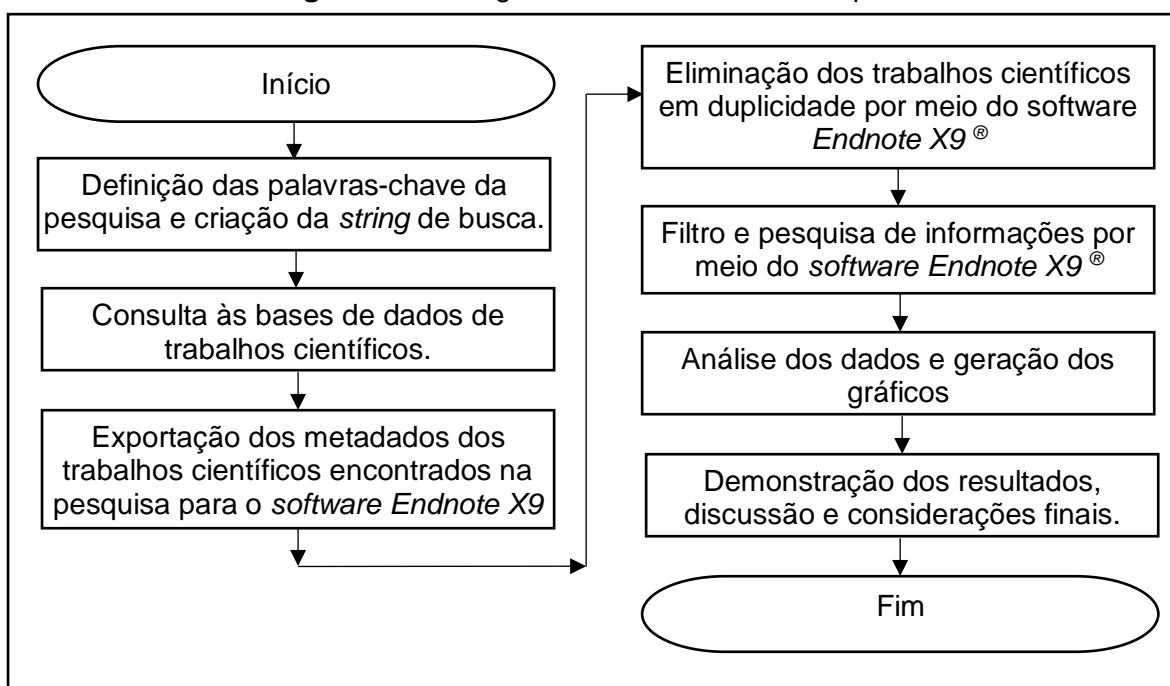
Primeiramente foram criados três grupos dentro da área de trabalho do *software Endnote X9*®, um para cada base de dados pesquisada, chamados respectivamente de: 1_GOOGLE_SCHOLAR, 2_SCOPUS, e 3_WEB_OF_SCIENCE. Os metadados: autor; título; fonte; e resumo, de cada base de dado foram exportados para o seu grupo respectivo no *software Endnote X9*®.

Na segunda etapa criou-se um grupo dentro da área de trabalho do *software Endnote X9*® chamado 4_TODOS. Os metadados existentes foram copiados dos grupos 1_GOOGLE_SCHOLAR, 2_SCOPUS, e 3_WEB_OF_SCIENCE para o grupo 4_TODOS. No final desta etapa o grupo 4_TODOS continha um total de 3.730 trabalhos científicos.

Na sequência criou-se um grupo dentro da área de trabalho do *software Endnote X9*® chamado 5_NÃO_DUPLICADOS. Todos os metadados existentes no grupo 4_TODOS foram copiados para o grupo 5_NÃO_DUPLICADOS. Na sequência selecionou-se o grupo 5_NÃO_DUPLICADOS e aplicou-se o comando *Find Duplicates* do menu *References*. Após o fechamento da janela *pop-up* que indica os trabalhos científicos em duplicidade, eles permanecem selecionados e destacados em azul no grupo 5_NÃO_DUPLICADOS. Com a tecla *Del* foram excluídos todos os artigos em duplicidade. A quantidade de trabalhos científicos em duplicidade indicada na área de trabalho do *software Endnote X9*® no campo *Duplicate References* foi de 341. No final desta etapa o grupo 5_NÃO_DUPLICADOS continha um total de 3.387 trabalhos científicos.

Por meio do comando *Subject Bibliografy* do menu *Tools* levantou-se as palavras-chave, publicações por ano, periódicos e autores. Os dados coletados foram exportados para o *software MS Excel 2016*® para geração de gráficos com o objetivo de melhor entendimento do estado da literatura científica sobre a aplicação da realidade aumentada no desenvolvimento de novos produtos na fase de pré-projeto de *design*. A Figura 2 apresenta o fluxograma do trabalho de pesquisa.

Figura 2 – Fluxograma do Trabalho de Pesquisa



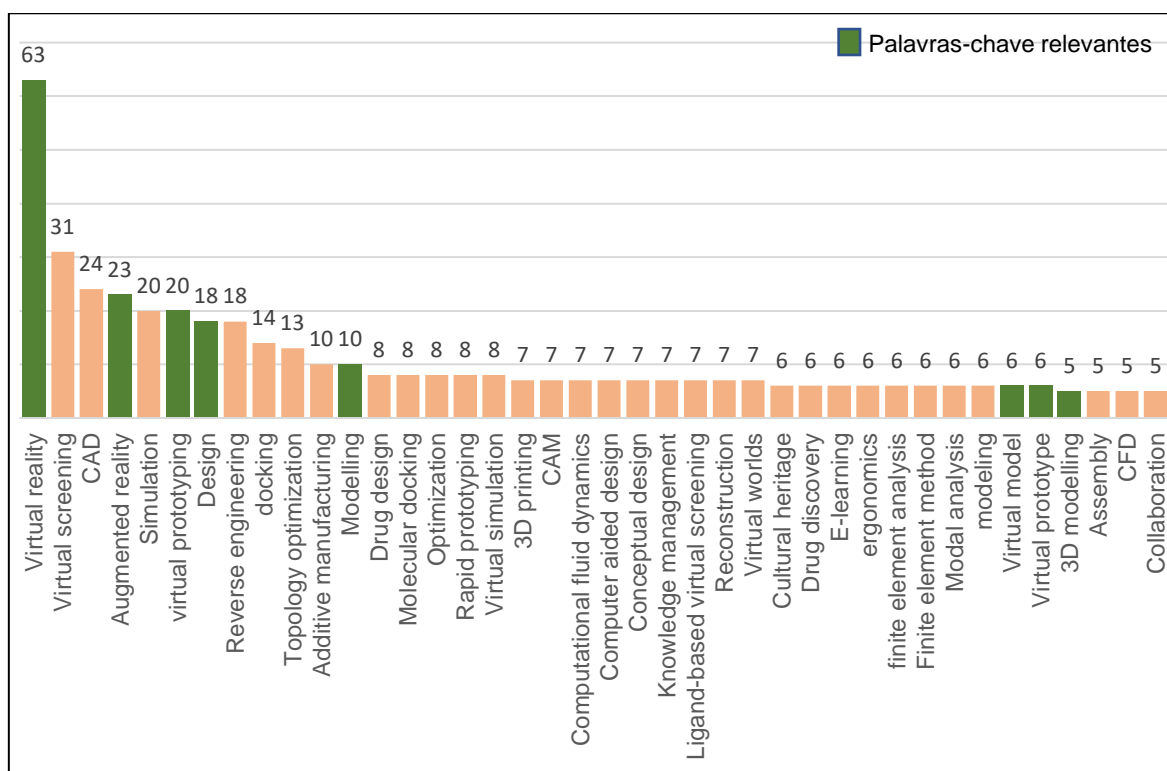
Fonte: os autores

4. Resultados e Discussão

Com os dados levantados nas bases de dados de trabalhos científicos pesquisadas, elaborou-se uma análise bibliométrica com base nas palavras-chave mais citadas, o número de artigos publicados por ano e os autores que mais escreveram trabalhos científicos sobre o tema abordado.

A Figura 3 apresenta as 40 palavras-chave mais citadas na pesquisa. As palavras-chave mais relevantes ao tema da pesquisa e que aparecem entre as cinquenta mais citadas são: *virtual reality*; *augmented reality*; *virtual prototyping*; *design*; *modelling*; *virtual model*; *virtual prototype*; e *design review*. Das palavras-chave escolhidas para a criação da *string* de busca nas bases de dados de trabalhos científicos, três não aparecem entre as 40 mais citadas: *shape design*; *design creation*; e *automotive design*.

Figura 3 – As cinquenta palavras-chave mais citadas

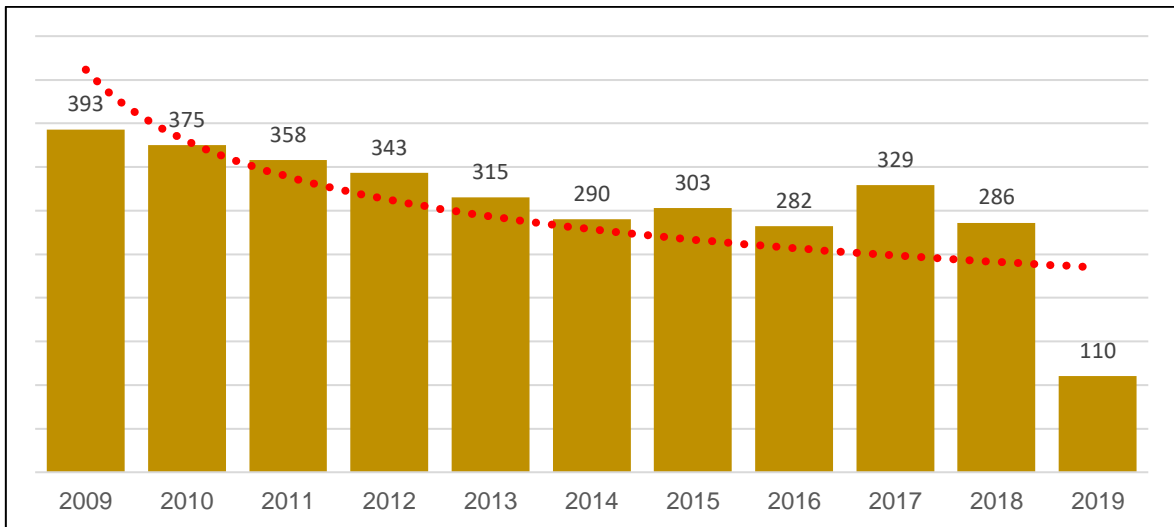


Fonte: EndNote

A Figura 4 apresenta a quantidade de trabalhos científicos relacionados ao tema da pesquisa publicados por ano no período de 2009 até 2019. Observou-se que o número de estudos científicos sobre o tema teve uma ligeira tendência de queda nos últimos anos, porém a quantidade de artigos publicados demonstra que o tema ainda é relevante no meio científico.

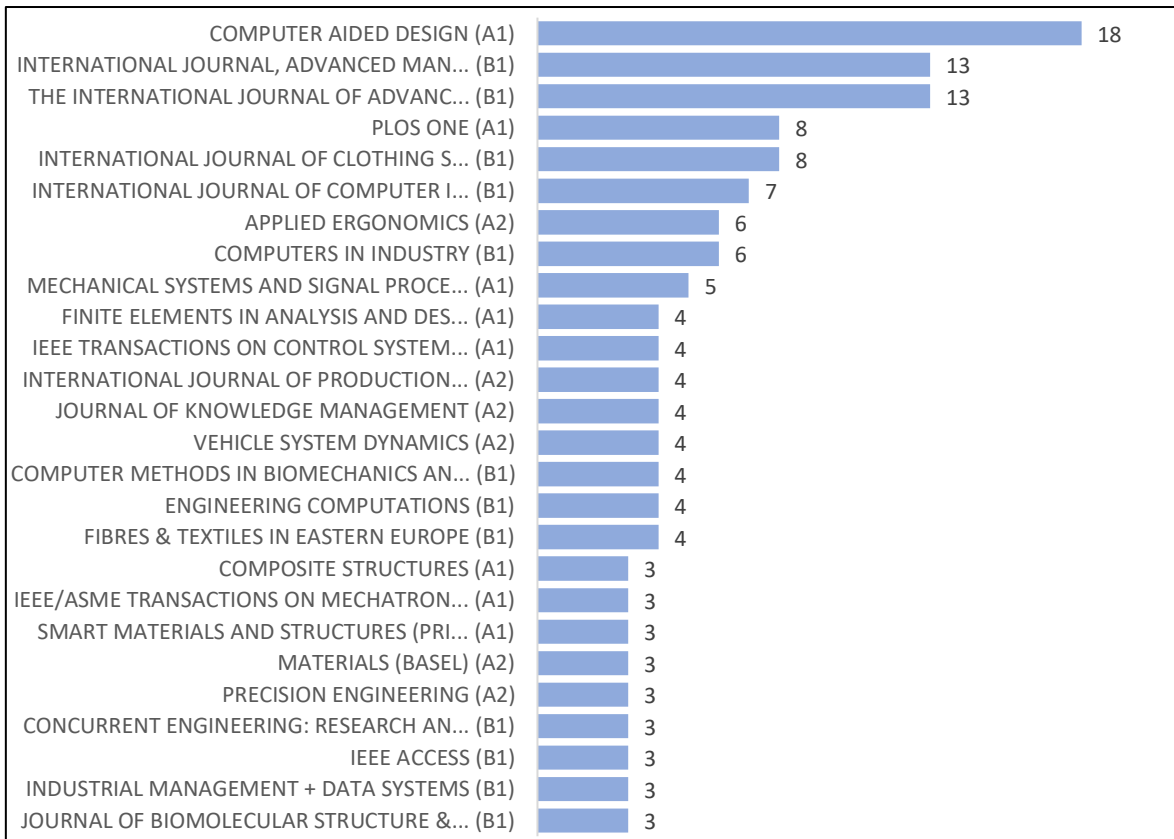
A Figura 5 apresenta os trinta periódicos dentro área de avaliação Engenharias III que mais publicaram sobre o tema da pesquisa no período de 2009 a 2019. A quantidade de trabalhos científicos publicados demonstra a importância do tema da pesquisa na área de avaliação Engenharias III.

Figura 4 – Número de trabalhos científicos por ano



Fonte: EndNote

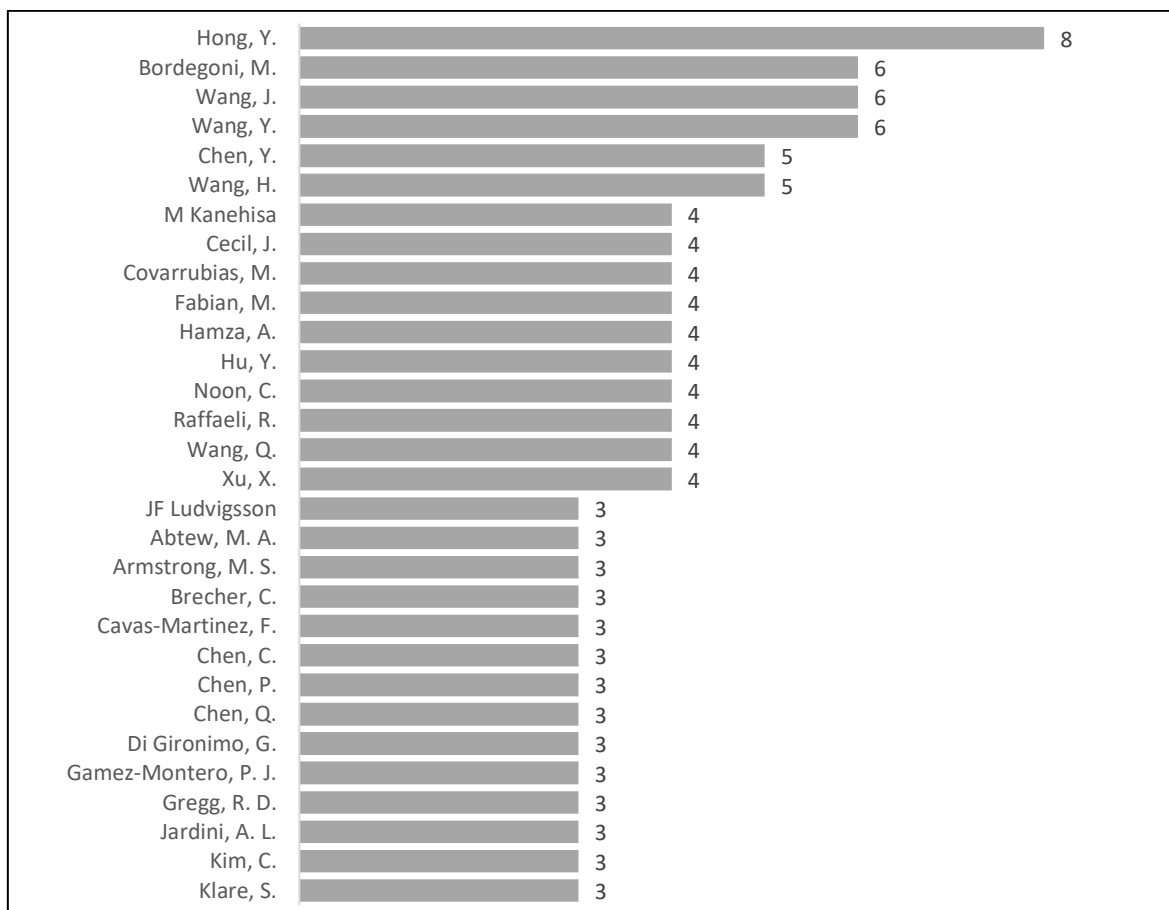
Figura 5 – Número de trabalhos científicos de 2009 a 2019 em Engenharias III



Fonte: EndNote

A Figura 6 apresenta os 30 autores que mais escreveram sobre o tema da pesquisa. Neste gráfico foram considerados apenas os autores principais, sendo que 2.984 autores escreveram sobre o tema da pesquisa.

Figura 6 – Autores que mais escreveram sobre o tema da pesquisa



Fonte: EndNote

Por meio dos filtros do software Endnote X9[®] utilizou-se combinações com as palavras-chave mais relevantes à pesquisa. Como resultado foram filtrados um total de 271 artigos considerados relevantes ao tema da pesquisa. Na sequência estes artigos filtrados foram analisados pelo título e resumo, selecionando-se no final 41 artigos considerados como os mais relevantes ao tema de pesquisa proposto.

5. Considerações finais

A partir do estudo da análise bibliométrica concluiu-se que os temas *virtual reality* e *augmented reality* apresentam uma vasta literatura científica em vários campos dentro da área de atuação da Engenharias III. No campo específico da indústria automobilística, a literatura demonstra que a utilização de ferramentas de realidade virtual está amplamente difundida no processo de desenvolvimento de novos produtos.

Os principais benefícios elencados pela literatura na utilização de ferramentas de realidade virtual na indústria automobilista são: identificação e solução de problema nas fases iniciais de projeto; redução no tempo de implementação de novos produtos no mercado; e menores custos no processo de desenvolvimento de novos produtos.

Os principais autores citados neste estudo concordam que as ferramentas de realidade virtual aplicadas na fase de *design* trazem maior possibilidade de criação e inovação no desenvolvimento do produto, incrementadas com a possibilidade do estudo de um número grande de propostas de modelos virtuais de *design*. No entanto, o estudo bibliométrico mostrou que existem poucos estudos científicos específicos sobre as vantagens e desvantagens das ferramentas de realidade virtual e de realidade aumentada na fase de *design* do produto.

Como trabalhos futuros propõe-se a elaboração de uma pesquisa por meio de aplicação de um Delphi para levantar as vantagens e desvantagens das ferramentas de realidade aumentada no processo de *design* do produto.

Referências

BORDEGONI, M.; CUGINI, U. Haptic modeling in the conceptual phases of product design. **Virtual Reality**, v. 9, n. 2, p. 192-202, March 01 2006. ISSN 1434-9957. Disponível em: < <https://doi.org/10.1007/s10055-005-0013-3> >.

FARHANA, M.; BIMENYIMANA, E. Design driven innovation as a differentiation strategy: In the context of automotive industry. **Journal of technology management & innovation**, v. 10, n. 2, p. 24-38, 2015. ISSN 0718-2724.

FILIPPI, S.; BARATTIN, D. Influence of representations on shape-based design activities. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)**, p. 1-9, 2019. ISSN 1955-2513.

FIORENTINO, M. et al. Spacedesign: A mixed reality workspace for aesthetic industrial design. Proceedings of the 1st International Symposium on Mixed and Augmented Reality, 2002, IEEE Computer Society. p.86.

GRANT, R. M. **Contemporary strategy analysis: Text and cases edition**. John Wiley & Sons, 2016. ISBN 1119120845.

LAWSON, G.; SALANITRI, D.; WATERFIELD, B. Future directions for the development of virtual reality within an automotive manufacturer. **Applied ergonomics**, v. 53, p. 323-330, 2016. ISSN 0003-6870.

MILELLA, F. Problem-solving by immersive virtual reality: Towards a more efficient product emergence process in automotive. **Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology**, v. 2, n. 4, p. 860-867, 2015.

SHAO, F.; ROBOTHAM, A. J.; HON, K. Development of a 1: 1 Scale True Perception Virtual Reality System for design review in automotive industry. 2012. ISSN 1905866607.

SHERMAN, W. R.; CRAIG, A. B. **Understanding virtual reality: Interface, application, and design**. Morgan Kaufmann, 2018. ISBN 012801038X.

VERGANTI, R. Design, meanings, and radical innovation: A metamodel and a research agenda. **Journal of product innovation management**, v. 25, n. 5, p. 436-456, 2008. ISSN 0737-6782.