

A IMPORTÂNCIA E O IMPACTO DAS ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS NO CICLO DE USO DOS IPHONES

THE SIGNIFICANCE AND INFLUENCE OF TECHNICAL SPECIFICATIONS ON THE IPHONE'S USAGE LIFECYCLE

Lucas Sloniak de Oliveira*  E-mail: sloniak@ufpr.br
*Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR, Brasil.

Resumo: Este artigo situa-se no campo da gestão do ciclo de vida do produto e teve por objetivo analisar a importância que os(as) usuários(as) atribuem às especificações técnicas de diferentes modelos de iPhone e o impacto da evolução dessas especificações sobre o ciclo de uso. O método combinou abordagem qualitativa e quantitativa em duas etapas: um estudo de caso da linha de produtos, com análise documental das especificações de cinco gerações, e um levantamento descritivo aplicado a 142 usuários(as). A bateria foi a especificação de maior importância percebida, com média de 4,77 em escala de cinco pontos e a menor dispersão do conjunto, e as opções de cores a de menor importância. Os principais motivos de troca foram a saúde da bateria, a ausência de atualizações de sistema e a melhoria de câmera. A correlação entre o ordenamento de importância percebida e o de motivos de troca é alta ($\rho = 0,839$), o que sustenta a articulação entre percepção e comportamento de substituição. O ciclo de uso médio foi de 2,83 anos, superior à média do mercado. A análise de componentes principais não reproduziu as categorias teóricas de projeto, e o gradiente etário mostrou-se robusto apenas para facilidade de reparo e meios de pagamento por aproximação.

Palavras-chave: Ciclo de uso. Ciclo de vida do produto. Especificações técnicas. Comportamento do(a) usuário(a). iPhone.

Abstract: This article is situated within product life-cycle management and aimed to analyze the importance users assign to the technical specifications of different iPhone models and the impact of their evolution on the devices' usage cycle. The method combined a case study of the product line, with documentary analysis of five generations, and a descriptive survey applied to 142 users. The battery was the most valued specification, with a mean of 4.77 on a five-point scale and the lowest dispersion, and colour options the least valued. The main replacement reasons were battery health, lack of system updates and camera improvement. The rank correlation between perceived importance and replacement reasons is high ($\rho = 0.839$), supporting the link between perception and replacement behaviour. The average usage cycle was 2.83 years, longer than the market average. Principal component analysis did not reproduce the theoretical design categories, and the age gradient proved robust only for repairability and contactless payment.

Keywords: Usage cycle. Product life cycle. Technical specifications. User behavior. iPhone.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de produto abrange o processo de levar um novo produto ao mercado, renovar um produto já existente (por meio de atualizações periódicas, por exemplo) ou introduzi-lo em um novo mercado, de modo a transformar uma oportunidade em um produto disponível para venda (Law, 2009). No segmento de smartphones, esse processo se traduz na sucessão anual de modelos que preservam a identidade do produto, mas alteram suas especificações técnicas para agregar valor e prolongar o ciclo de vida da linha.

O primeiro iPhone foi lançado em 2007, empregando, para a época, tecnologias avançadas, como telas de toque capacitivas em um corpo de smartphone, em um mercado até então dominado por fabricantes como Nokia e Sony Ericsson (Ricknäs, 2007). Desde então, gerações anuais de iPhone foram desenvolvidas e comercializadas, mantendo a identidade do dispositivo e modificando pontualmente suas especificações técnicas.

A extensão do ciclo de vida de produtos eletrônicos vem sendo tratada de forma robusta em campos distintos. Além da Engenharia de Produção, o tema aparece no projeto de produto, na gestão de operações e nos estudos de sustentabilidade, onde o prolongamento da vida útil é entendido como decisão de projeto, e não como efeito colateral do uso (Bakker *et al.*, 2014; Den Hollander; Bakker; Hultink, 2017). Estudos sobre estratégias de extensão de vida útil e atualização (upgradability) discutem durabilidade, confiabilidade e afeição ao produto como vetores de projeto (Khan *et al.*, 2018); avaliações de ciclo de vida e de impacto ambiental examinam remanufatura de eletrônicos (Mann *et al.*, 2022), baterias de íon-lítio (Arshad *et al.*, 2022) e a reciclagem de telefones celulares (He *et al.*, 2022). Em paralelo, a literatura de comportamento examina os padrões de uso de dispositivos móveis e sua mediação social (Warren; Aloia, 2023).

Embora consistentes, essas duas frentes raramente se cruzam. Khan *et al.* (2018) e Mann *et al.* (2022) tratam as especificações técnicas e seus impactos ambientais de forma objetiva, sem incorporar a percepção de quem usa o aparelho, ao passo que Warren e Aloia (2023) examinam o uso de dispositivos móveis de forma agregada, sem vinculá-lo a atributos específicos de projeto. Há trabalhos que se

aproximam dessa articulação: Wieser e Tröger (2018) descrevem como a percepção de obsolescência antecede a troca de telefones celulares, Makov e Fitzpatrick (2021) relacionam reparabilidade e interesse por reparo e Corrocher e Paganuzzi (2025) medem o peso de diferentes formas de obsolescência na decisão de substituição. Esses estudos, contudo, partem do comportamento declarado ou observado e não confrontam, geração a geração, a evolução documentada das especificações com a importância que os(as) usuários(as) lhes atribuem. Falta, portanto, evidência empírica que conecte quais especificações são de fato valorizadas e como sua evolução repercute no ciclo de uso, ou seja, no intervalo em que o produto permanece em uso efetivo, que não coincide com o ciclo de vida comercial. Entender essa relação interessa à Engenharia de Produto porque ajuda a orientar decisões de projeto voltadas a prolongar o uso e a reduzir o descarte precoce de eletrônicos (Bakker *et al.*, 2014; Den Hollander; Bakker; Hultink, 2017; Cordella; Alfieri; Sanfelix, 2021).

Diante dessa lacuna, o objetivo geral do estudo é analisar a importância que os(as) usuários(as) atribuem às especificações técnicas de diferentes modelos de iPhone e o impacto da evolução dessas especificações sobre o ciclo de uso dos aparelhos. Vale um esclarecimento: ainda que se use a expressão “especificações técnicas”, o(a) usuário(a) comum raramente tem acesso ao detalhamento técnico completo de um produto complexo. O que ele(a) de fato avalia são características percebidas, isto é, as consequências de uso decorrentes daquelas especificações. É essa percepção que o trabalho procura medir.

A escolha do iPhone como objeto empírico não se deve ao seu êxito comercial, e sim à sua adequação ao problema de pesquisa. Trata-se de uma linha com gerações bem documentadas e com uma política de atualização de software duradoura, que chega a seis atualizações do sistema operacional por aparelho. Isso prolonga o ciclo de uso para além da média do mercado e torna visível a variação de especificações entre gerações, condições que fazem do iPhone um caso favorável para examinar a relação entre a evolução de especificações e o prolongamento do uso.

Do ponto de vista científico, o estudo contribui para a Engenharia de Produção ao trazer evidência empírica que liga atributos de projeto aos critérios de escolha e de substituição relatados pelos(as) usuários(as), alimentando a discussão sobre extensão de ciclo de vida e obsolescência em uma classe de produtos de elevado

impacto ambiental. O texto está organizado em fundamentação teórica, metodologia, resultados da etapa documental, resultados e discussões, e considerações finais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Desenvolvimento e ciclo de vida do produto

Segundo Rozenfeld *et al.* (2006), o desenvolvimento de produto envolve uma sequência de atividades interconectadas que permitem à organização criar produtos de maneira estruturada, considerando estratégias, especificações do produto e processo de produção, além do acompanhamento do lançamento. Em formulação mais recente, Ulrich, Eppinger e Yang (2020) descrevem o desenvolvimento de produto como um processo que integra decisões de projeto, de produção e de mercado, e destacam que as escolhas tomadas nas fases iniciais condicionam o desempenho do produto ao longo de toda a sua vida útil, inclusive a facilidade de manutenção e de atualização. Para Las Casas (2004), o ciclo de vida do produto compreende o período entre a introdução no mercado e a retirada total. Kotler e Keller (2006) definem o ciclo de vida em cinco fases (desenvolvimento, introdução, crescimento, maturidade e declínio), cuja duração varia conforme o mercado, o tempo de adoção e a concorrência.

O gerenciamento do ciclo de vida é a sucessão de estratégias adotadas ao longo dessas fases, exigindo decisões distintas de marketing, finanças, produção e suprimentos em cada etapa. Como cada produto apresenta uma curva particular, o modelo genérico precisa ser personalizado. Um produto pode, ainda, ter o ciclo de vida estendido por meio do lançamento periódico de novos modelos com modificações pontuais de especificações, estratégia particularmente evidente no segmento de smartphones, no qual a renovação anual de linhas é a norma. Bakker *et al.* (2014) observam que essa renovação incremental tende a deslocar o debate sobre vida útil para fora do projeto do produto, quando é justamente no projeto que se define a maior parte das condições de prolongamento do uso.

Convém distinguir o ciclo de vida, associado à comercialização do produto, do ciclo de uso, que é o intervalo em que o produto permanece efetivamente utilizável pelo(a) consumidor(a). Um aparelho pode continuar funcionando bem mesmo depois

de descontinuado, e essa diferença aproxima-se do que Den Hollander, Bakker e Hultink (2017) denominam integridade do produto, isto é, a capacidade de um produto resistir à perda de valor ao longo do tempo. É essa diferença que torna o ciclo de uso uma unidade de análise útil para estudos de prolongamento de vida útil e de redução de resíduos eletrônicos.

2.2 Extensão do ciclo de vida, atualização e obsolescência

A capacidade de satisfazer as preferências dos(as) consumidores(as), integrando evoluções funcionais e de desempenho, é o principal aspecto da possibilidade de atualização do produto (Khan *et al.*, 2018). A renovação periódica de linhas gera demanda recorrente por atualizações com especificações mais avançadas, como novas iterações de processador e módulos de câmera. Esses planos costumam ser definidos com antecedência e visam adaptar as funções do produto sem necessariamente alterar modularidade, compatibilidade e interoperabilidade (Tonoike; Fukushige; Umeda, 2007).

Khan *et al.* (2018) organizam as estratégias de extensão de vida útil em três eixos de projeto: durabilidade, confiabilidade e afeição ao produto, sintetizados no Quadro 1. São essas estratégias que, mais adiante, fundamentam as categorias de especificações analisadas no estudo.

Quadro 1 - Estratégias de extensão do ciclo de vida do produto

Estratégia	Descrição
Design para durabilidade	Capacidade de um produto executar as funções para as quais foi concebido por um período de tempo sem quebras e sem desgaste.
Design para confiabilidade	Alta probabilidade de o produto operar durante um período específico sem falhas, quando mantido conforme as instruções de operação.
Design para afeição ao produto	Vínculo de confiança e identificação que os(as) usuários(as) desenvolvem com um produto em função do serviço que ele presta e do significado que carrega.

Fonte: adaptado de Khan *et al.* (2018).

O planejamento de atualizações de longo prazo apresenta riscos, pois as necessidades do(a) usuário(a) mudam ao longo do tempo. Programas periódicos de troca oferecidos por fabricantes, em que o(a) usuário(a) paga uma taxa e substitui o

aparelho a cada um ou dois anos, evidenciam a tensão entre a estratégia comercial de renovação e o prolongamento efetivo do ciclo de uso, tensão que está no centro da discussão sobre obsolescência.

A obsolescência programada é a técnica pela qual fabricantes induzem o(a) consumidor(a) a adquirir novas versões de um produto, ainda que a anterior esteja em boas condições, podendo ser de caráter planejado, funcional, técnico, de estilo ou de postergação (Keeble, 2013). Feitosa *et al.* (2019), ao sistematizarem o tema no campo da Engenharia de Produção, mostram que a obsolescência não se explica por uma causa única, e sim pela combinação de decisões de projeto, estratégias comerciais e fatores culturais de consumo. No caso dos smartphones, Proske e Jaeger-Erben (2019) observam que ela raramente decorre de falha total do aparelho, e sim da perda gradual de desempenho de componentes determinados, entre eles a bateria, e da descontinuidade do suporte de software. Para os fins deste estudo, o que importa é que esse fenômeno se relaciona diretamente à geração de resíduos eletrônicos e que sua manifestação concreta coincide, como se verá, com os principais motivos de troca relatados pelos(as) usuários(as).

2.3 Impacto ambiental e ciclo de vida de eletrônicos

A discussão sobre extensão de uso de dispositivos móveis articula-se com a literatura de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV). Mann *et al.* (2022), ao avaliarem estratégias de remanufatura de eletrônicos de consumo, demonstram que o prolongamento do uso e a reintrodução de aparelhos no mercado reduzem significativamente o impacto ambiental frente à fabricação de novas unidades. Arshad *et al.* (2022), em revisão crítica sobre ACV de baterias de íon-lítio, evidenciam que a bateria é um dos componentes de maior carga ambiental e cujo desgaste condiciona a substituição do dispositivo. He *et al.* (2022) ressaltam que o encurtamento do ciclo de uso intensifica a pressão sobre cadeias de reciclagem, e Cordella, Alfieri e Sanfelix (2021), em ACV de smartphones, mostram que estender a vida útil do aparelho é a estratégia de eficiência material com maior potencial de redução da pegada de carbono do produto. No contexto brasileiro, Silva, Pimenta e Campos (2013) verificam que a destinação dos resíduos eletrônicos permanece precária mesmo em setores diretamente envolvidos com a venda e o reparo de equipamentos.

2.4 Comportamento do(a) usuário(a) e ciclo de uso de smartphones

Do ponto de vista comportamental, o ciclo de uso de um smartphone depende tanto de fatores técnicos quanto de fatores subjetivos e sociais. Warren e Aloia (2023) demonstram que práticas de mediação e padrões de uso variam de forma sistemática entre faixas etárias, sugerindo que a importância atribuída a diferentes características de um dispositivo não é homogênea na população. Wieser e Tröger (2018), em levantamento sobre telefones celulares, acrescentam que a substituição responde menos ao desejo pela novidade e mais a uma percepção de obsolescência construída no uso cotidiano, que combina degradação funcional, defasagem em relação a modelos disponíveis e dificuldade de acompanhar práticas sociais mediadas pelo aparelho. Essa heterogeneidade orienta a opção, neste estudo, por analisar a importância das especificações segmentada por faixa de idade.

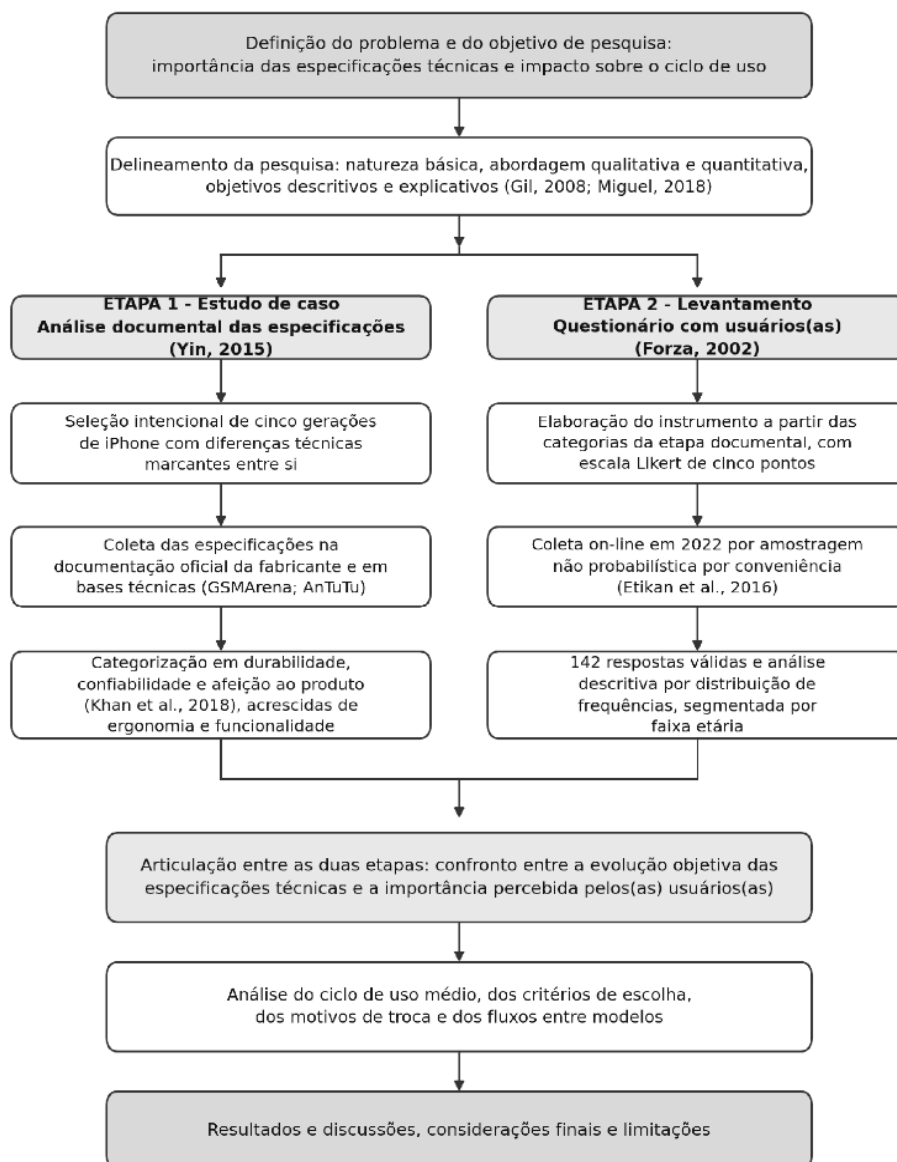
Quanto à duração do ciclo de uso, smartphones com sistema Android recebem, em média, uma a duas atualizações de sistema operacional ao longo de quatro anos (Engels, 2021), enquanto dispositivos iOS podem receber até seis atualizações (GSMArena, 2021). O ciclo médio de troca de um smartphone situa-se em torno de dois anos (Ng, 2019), tendendo a ser maior para dispositivos iOS, estimado em cerca de quatro anos (Dediu, 2018), em razão do maior número de atualizações, que disponibilizam novas funcionalidades e contribuem para estender o ciclo de uso.

3 METODOLOGIA

Trata-se de pesquisa básica, de abordagem qualitativa e quantitativa e de objetivo descritivo (Gil, 2008). A combinação de abordagens é indicada quando o objeto exige, ao mesmo tempo, a interpretação dos significados atribuídos pelos(as) usuários(as) e a mensuração da distribuição desses significados em um grupo (Minayo, 2001; Miguel, 2018), e o tratamento quantitativo permite descrever frequências e comparar subgrupos de respondentes (Forza, 2002). Não se trata de desenho explicativo: o estudo caracteriza a importância atribuída a cada especificação e os padrões de troca observados, sem estabelecer relações de causa e efeito.

Quanto aos procedimentos, combina estudo de caso e levantamento (survey). Adotou-se o estudo de caso único, tendo a linha de produtos iPhone como unidade de análise, procedimento indicado quando o caso é revelador de um fenômeno que se pretende examinar em profundidade e em seu contexto (Yin, 2015). O levantamento descritivo foi empregado para mensurar a percepção dos(as) usuários(as), procedimento adequado quando se pretende descrever a distribuição de características em um grupo e comparar subconjuntos dele (Forza, 2002; Gil, 2008). A articulação dos dois procedimentos em um mesmo desenho é prática consolidada na Engenharia de Produção quando o objetivo exige caracterizar um objeto técnico e, simultaneamente, capturar a percepção de quem o utiliza (Miguel, 2018). A Figura 1 sintetiza o processo metodológico adotado.

Figura 1 - Fluxograma do processo metodológico



Fonte: elaborada pelos autores (2026).

3.1 Etapa documental: análise das especificações

A primeira etapa consistiu na análise documental das especificações técnicas de cinco gerações de iPhone: iPhone 2G (2007), iPhone 4 (2010), iPhone 6s (2015), iPhone XR (2018) e iPhone 12 (2020). Esses modelos foram escolhidos de forma intencional por apresentarem diferenças técnicas marcantes entre gerações, critério coerente com a seleção deliberada de casos reveladores proposta por Yin (2015).

Modelos muito parecidos com seus antecessores, como o iPhone 4S em relação ao iPhone 4 ou o iPhone 11 em relação ao iPhone XR, foram deixados de fora para evitar redundância. As especificações foram obtidas nas páginas oficiais de suporte da fabricante e complementadas por bases técnicas especializadas de revisão de aparelhos (GSMArena, 2021), cuja origem é sempre indicada na descrição do objeto (Seção 4). Escolhidos pelo contraste técnico entre si, esses modelos não coincidem necessariamente com os mais frequentes na amostra, o que é retomado nas limitações.

As categorias de especificações analisadas derivam das estratégias de extensão de vida útil de Khan *et al.* (2018), ou seja, durabilidade, confiabilidade e afeição ao produto. A elas foram acrescentadas duas categorias importantes para dispositivos móveis e não contempladas naquele referencial: aspectos ergonômicos e funcionalidade. O Quadro 2 apresenta as categorias, as especificações correspondentes e sua ancoragem técnica. A resistência à água e poeira, em especial, é classificada conforme a norma IEC 60529, que define os graus de proteção contra ingresso (códigos IP).

Quadro 2 - Categorias de análise, especificações e ancoragem técnica

Categoria (Khan <i>et al.</i>, 2018)	Especificação analisada	Ancoragem técnica
Durabilidade	Materiais de composição	Documentação da fabricante
Durabilidade	Resistência a água e poeira	Norma IEC 60529 (códigos IP)
Durabilidade	Bateria (capacidade e autonomia)	Documentação da fabricante; Arshad <i>et al.</i> (2022)
Confiabilidade	Atualizações de software (iOS)	Histórico oficial de versões
Afeição ao produto	Cores do dispositivo	Documentação da fabricante
Ergonomia	Dimensões	Documentação da fabricante
Ergonomia	Peso	Documentação da fabricante
Funcionalidade	Display (tipo, resolução, brilho)	Documentação da fabricante
Funcionalidade	Processador (núcleos, desempenho)	Documentação da fabricante; AnTuTu
Funcionalidade	Câmera (sensores, resolução)	Documentação da fabricante; GSMArena (2021)
Confiabilidade	Facilidade de reparo	Documentação da fabricante

Fonte: elaborado pelos autores (2026), a partir de Khan *et al.* (2018) e da norma IEC 60529.

3.2 Etapa de levantamento: questionário com usuários(as)

A segunda etapa consistiu em um levantamento descritivo conduzido por questionário eletrônico autoadministrado, elaborado na plataforma Google Forms e respondido pelos(as) participantes sem a presença do(a) pesquisador(a). A coleta ocorreu no primeiro semestre de 2022, por amostragem não probabilística por conveniência, técnica em que os(as) participantes são selecionados pela facilidade de acesso e pela disposição em responder, o que reduz custo e tempo de coleta, mas restringe a generalização dos achados (Etikan; Musa; Alkassim, 2016). A opção é usual em levantamentos descritivos conduzidos sem cadastro prévio da população-alvo, situação em que não há lista que viabilize sorteio probabilístico (Forza, 2002; Miguel, 2018). A divulgação do instrumento ocorreu por redes sociais e aplicativos de mensagens, dirigida a usuários(as) atuais de iPhone. Foram obtidas 142 respostas válidas. Por se tratar de amostra não probabilística, os resultados não pretendem representar estatisticamente a população de usuários(as) da marca, e sim descrever padrões no grupo investigado, limitação retomada nas considerações finais. O instrumento apresentava termo de consentimento na primeira tela, não coletava dados de identificação pessoal e a participação era voluntária.

O instrumento foi estruturado a partir das categorias do Quadro 2. Aos atributos derivados da etapa documental somaram-se atributos de uso não observáveis na documentação técnica, como periféricos, ecossistema, acessórios e meios de pagamento, incluídos para não restringir a mensuração ao que a documentação registra. O questionário reuniu: (i) questões de caracterização (faixa etária, modelo atual, modelos anteriores, capacidade de armazenamento e tempos de uso do aparelho atual e do anterior); (ii) questões sobre a importância atribuída a cada especificação, medida em escala de cinco pontos do tipo Likert; e (iii) questões sobre critérios de escolha do modelo e motivos de troca. Os(as) respondentes foram agrupados em cinco faixas etárias, conforme o Quadro 3, opção coerente com a heterogeneidade etária de uso reportada por Warren e Aloia (2023).

Quadro 3 - Distribuição dos respondentes por faixa etária

Faixa de idade	Número de usuários(as)	Percentual
Menos de 18 anos	10	7%
Entre 18 e 30 anos	97	68%
Entre 30 e 40 anos	19	13%
Entre 40 e 50 anos	9	6%
Acima de 50 anos	7	5%
Total	142	100%

Fonte: elaborado pelos autores (2026), a partir dos dados da pesquisa.

A escala Likert de cinco pontos foi adotada por ser amplamente empregada na mensuração de atitudes e percepções (Gil, 2008) e por permitir ordenar a intensidade da importância atribuída sem exigir conhecimento técnico do(a) respondente. O instrumento capta importância percebida; nenhum item pede ao(à) respondente um juízo técnico sobre a especificação em si.

A análise combinou estatística descritiva e inferencial. A importância percebida de cada especificação foi resumida pela média, pelo desvio padrão e pelo percentual de respostas nos dois pontos superiores da escala. O ciclo de uso foi estimado a partir da duração declarada de uso do aparelho anterior, e não do tempo de posse do aparelho atual, porque este último é medida censurada à direita: o aparelho em uso ainda acumulará tempo até ser substituído. Das 142 respostas válidas, 135 identificaram simultaneamente modelo anterior e atual, e 128 informaram a duração de uso do aparelho anterior; as diferenças correspondem a respondentes em seu primeiro aparelho ou que não informaram o período. As associações entre variáveis ordinais foram testadas por correlação de Spearman, as comparações entre grupos por Mann-Whitney e qui-quadrado, com correção de Bonferroni nos conjuntos com múltiplas comparações. A estrutura de covariação entre os atributos foi examinada por análise de componentes principais sobre a matriz de correlação de Spearman, adequada à natureza ordinal da escala, com verificação prévia de adequação amostral (Hair *et al.*, 2009).

4 EVOLUÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES: RESULTADOS DA ETAPA DOCUMENTAL

As informações desta seção provêm da documentação oficial da fabricante e de bases técnicas especializadas (GSMArena, 2021; AnTuTu, 2022), organizadas segundo as categorias do Quadro 2.

4.1 Durabilidade: materiais, resistência e bateria

Os materiais passam do uso parcial de plástico e alumínio, no iPhone 2G, para construções predominantemente em vidro e alumínio. A proteção contra ingresso aparece só nos dois últimos modelos: os três primeiros não possuem certificação, o iPhone XR introduz o grau IP67 e o iPhone 12, o IP68, conforme a norma IEC 60529 (International Electrotechnical Commission, 2013). Já a bateria revela um comportamento menos óbvio. A autonomia declarada cresce de forma monotônica, mas a capacidade nominal não: o iPhone 12 opera com célula menor que a do iPhone XR (2.815 mAh contra 2.942 mAh) e ainda assim declara autonomia superior, indício de que os ganhos recentes decorrem mais da eficiência do processador e do display do que do aumento da célula. O Quadro 4 sintetiza essas especificações.

Quadro 4 - Especificações de durabilidade por modelo

Modelo	Resistência (IEC 60529)	Bateria (capacidade)	Autonomia de vídeo
iPhone 2G	Sem certificação	1.400 mAh	Até 7 h
iPhone 4	Sem certificação	1.420 mAh	Até 10 h
iPhone 6s	Sem certificação	1.715 mAh	Até 11 h
iPhone XR	IP67	2.942 mAh	Até 16 h
iPhone 12	IP68	2.815 mAh	Até 17 h

Fonte: elaborado pelos autores (2026), a partir da documentação da fabricante e de GSMArena (2021). Nota: a fabricante não publica a capacidade nominal nem a química da célula, descrita apenas como íon-lítio.

4.2 Confiabilidade: atualizações de software

O número de versões principais do sistema operacional suportadas varia por dispositivo, contada a de lançamento. Os dois primeiros modelos receberam três e

quatro versões, mas os três mais recentes convergem para sete: o iPhone 6s, lançado em 2015 e descontinuado em 2018, foi atualizado até o iOS 15; o iPhone XR encerrou seu ciclo de suporte no iOS 18; e o iPhone 12, lançado em 2020, permanece suportado no iOS 27. Esse é um exemplo concreto da divergência entre o ciclo de vida comercial e o ciclo de uso, já que o suporte de software se estende por vários anos além da retirada do produto do mercado. O Quadro 5 resume a abrangência das atualizações.

Quadro 5 - Atualizações de iOS por modelo analisado

Modelo	Versão de lançamento	Última versão suportada	Total de versões
iPhone 2G	iOS 1	iOS 3.1.3	3
iPhone 4	iOS 4	iOS 7.1.2	4
iPhone 6s	iOS 9	iOS 15.8.5	7
iPhone XR	iOS 12	iOS 18.7	7
iPhone 12	iOS 14.1	iOS 27	7, em curso

Fonte: elaborado pelos autores (2026), a partir da documentação da fabricante e de GSMArena (2021). Nota: a numeração do sistema passou de iOS 18 (2024) a iOS 26 (2025); dados atualizados em agosto de 2026.

4.3 Ergonomia, afeição e funcionalidade

As dimensões e o peso dos dois modelos mais recentes ficam próximos entre si (alturas de 147 mm e 151 mm; pesos de 164 g e 194 g), embora dois pontos não permitam falar em estabilização da série. As opções de cores passam de uma única (iPhone 2G) a pelo menos cinco nos modelos recentes. O display progride de telas TFT e LCD para OLED, com aumento de resolução, densidade e brilho, e a câmera principal evolui de 2 MP (iPhone 2G) a 12 MP com duplo sensor (iPhone 12). A resolução estaciona em 12 MP a partir do iPhone 6s, mas a abertura focal segue aumentando, de $f/2,2$ para $f/1,6$: o ganho recente vem da captação de luz, não da contagem de pixels. No processador, o desempenho medido pelo índice AnTuTu passa de 4.890 pontos (iPhone 4) a 725.611 pontos (iPhone 12), em ordens de grandeza distintas. O Quadro 6 sintetiza esses atributos.

Quadro 6 - Especificações de ergonomia e funcionalidade por modelo

Modelo	Dimensões / Peso	Display	Desempenho (AnTuTu)	Câmera principal
iPhone 2G	115,0×61,0×11,6 mm / 135 g	TFT 3,5" (320×480)	n.d.	2 MP
iPhone 4	115,2×58,6×9,3 mm / 137 g	LCD IPS 3,5" (640×960)	4.890	5 MP, f/2,8
iPhone 6s	138,3×67,1×7,1 mm / 143 g	LCD IPS 4,7" (750×1334)	235.682	12 MP, f/2,2
iPhone XR	150,9×75,7×8,3 mm / 194 g	LCD IPS 6,1" (828×1792)	520.793	12 MP, f/1,8
iPhone 12	146,7×71,5×7,4 mm / 164 g	OLED 6,1" (1170×2532)	725.611	12 MP duplo, f/1,6

Fonte: elaborado pelos autores (2026), a partir da documentação da fabricante, de GSMArena (2021) e de AnTuTu (2022). Nota: n.d. indica dado não disponível; as pontuações AnTuTu não são comparáveis entre versões do índice, servindo como ordem de grandeza.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Ranking de importância percebida das especificações

O Quadro 7 ordena as especificações pela média das respostas na escala de cinco pontos. As diferenças entre posições adjacentes no miolo do ranking situam-se dentro da margem de erro amostral, de modo que a leitura pertinente é a de blocos, não a de posições individuais. Apenas dois saltos são estatisticamente distinguíveis a 95%: o que separa a bateria do restante, no topo, e o que isola as opções de cores, na base. A bateria lidera com média de 4,77 e o menor desvio padrão do conjunto (0,52): 82% dos(as) respondentes a classificaram como “muito importante” e nenhum(a) a classificou como “pouco importante”. O resultado conversa com Arshad *et al.* (2022), para quem esse é o componente de maior carga ambiental e cujo desgaste leva à substituição do aparelho, justamente a especificação que adiante aparece como principal motivo de troca.

Quadro 7 - Ranking de importância percebida das especificações (n = 142)

Posição	Especificação	Média	Desvio padrão	% muito + consideravelmente importante
1	Bateria	4,77	0,52	95%
2	Câmera	4,56	0,71	90%
3	Processador	4,39	0,81	87%
4	Periféricos	4,13	1,06	76%
5	Facilidade de reparo	4,11	1,00	74%
6	Atualizações de software	4,01	1,03	68%
7	Dimensões	3,94	1,03	73%
8	Display	3,82	1,04	65%
9	Resistência a água e poeira	3,79	1,10	66%
10	Funcionalidades do ecossistema	3,54	1,22	56%
11	Meios de pagamento por aproximação	3,29	1,48	46%
12	Acessórios	3,17	1,28	37%
13	Peso	3,01	1,35	37%
14	Opções de cores	2,49	1,38	26%

Fonte: elaborado pelos autores (2026), a partir dos dados da pesquisa.

Entre os atributos de durabilidade, a resistência a água e poeira situa-se no bloco intermediário (3,79). Embora a proporção de respostas no ponto máximo seja maior nas faixas acima de 40 anos (quatro dos nove respondentes entre 40 e 50 anos e quatro dos sete acima de 50 anos), a diferença não é estatisticamente detectável ($p = 0,134$). A posição intermediária desse atributo é, em si, relevante para o projeto, porque a certificação de proteção contra ingresso é uma das mudanças de especificação mais custosas introduzidas na linha, como mostra a Seção 4.1, e não se traduz em importância percebida proporcional.

As atualizações de software também se situam no bloco intermediário (4,01), com 68% de respostas nos dois pontos superiores da escala. A importância tende a ser maior entre pessoas adultas, ainda que sem gradiente etário robusto. Uma conjectura, não testada pelo instrumento, que não registrou quem custeia o aparelho, é a de que indivíduos que arcam com o próprio aparelho associem a longevidade de software à proteção do investimento realizado. Esse é o atributo que mais distingue o objeto empírico, já que a política de atualização prolongada, descrita na Seção 4.2, sustenta o ciclo de uso muito além da descontinuação comercial. O achado converge

com Corrocher e Paganuzzi (2025), que identificam que as limitações associadas ao software e à reparabilidade ganham peso relativo nos aparelhos mais recentes, enquanto o desgaste material perde importância como motivador de substituição.

Quanto aos atributos ergonômicos, dimensões e peso ficam em posições distantes entre si, ambos com dispersão elevada, o que indica público dividido. Já as opções de cores, único atributo associado à afeição ao produto, encerram o ranking (2,49) e são o único item cuja posição se distingue estatisticamente da vizinha. Merece destaque a quinta posição da facilidade de reparo (4,11), atributo que não integrava o conjunto originalmente previsto pelas categorias de projeto adotadas e que, ainda assim, foi mais valorizado do que atualizações de software, display e resistência a água.

O processador aparece em terceiro (4,39), sem nenhuma resposta “pouco importante” em qualquer faixa etária, e o display no bloco intermediário (3,82). Isso reflete a percepção de que o componente condiciona a velocidade de operação e a compatibilidade com novas funcionalidades, ponto sensível em uma linha cuja fabricante restringe recursos novos a processadores mais recentes. Proske e Jaeger-Erben (2019) descrevem esse mecanismo como uma obsolescência de caráter relativo, em que o aparelho continua operando, mas deixa de acompanhar os requisitos de software em circulação, e observam que ele tende a antecipar a troca mesmo sem falha física.

O exame do gradiente etário exige cautela. Testadas por correlação de Spearman entre a faixa etária ordinal e a nota atribuída, seis das quatorze especificações apresentam associação positiva significativa a 5%, mas apenas duas resistem à correção de Bonferroni: a facilidade de reparo ($p = 0,277$; $p = 0,001$) e os meios de pagamento por aproximação ($p = 0,296$; $p < 0,001$). Bateria ($p = 0,113$) e resistência a água ($p = 0,134$) não apresentam gradiente detectável, e o mesmo vale para os critérios de durabilidade ($p = 0,085$) e de ergonomia ($p = 0,450$) declarados na compra. A leitura correta não é a de um gradiente etário generalizado, e sim a de um gradiente restrito: o que cresce de forma robusta com a idade é a preocupação com a manutenção do aparelho ao longo do tempo, não a valorização de atributos físicos de durabilidade. O recorte é coerente com a heterogeneidade de uso descrita por Warren e Aloia (2023) e tem consequência de projeto: a reparabilidade, e não a

robustez material, é o atributo cuja demanda se amplia à medida que a base de usuários(as) envelhece.

Wieser e Tröger (2018) chegam a leitura semelhante: para eles, a decisão de troca responde a uma percepção de obsolescência construída no uso cotidiano, que não se confunde com uma comparação técnica entre modelos.

5.2 Estrutura das preferências e categorias de projeto

As categorias de análise adotadas na Seção 3.1 derivam de uma taxonomia de projeto. Nada garante que elas correspondam à forma como os(as) usuários(as) organizam suas preferências. Para testar essa correspondência, examinou-se a covariação entre os quatorze atributos específicos. Todas as correlações de Spearman são positivas e nenhuma é forte: a mais alta liga funcionalidades do ecossistema a acessórios ($\rho = 0,469$), seguida por câmera e display ($\rho = 0,449$) e por atualizações de software e display ($\rho = 0,402$). O padrão predominante é de associações fracas a moderadas e amplamente distribuídas, sem blocos nitidamente segregados.

A análise de componentes principais, conduzida sobre os quatorze atributos específicos e excluindo o item global de importância do aparelho, confirma essa leitura. A adequação amostral foi verificada previamente (KMO = 0,77; Bartlett: $\chi^2 = 452,6$; $p < 0,001$) e retiveram-se os componentes com autovalor superior a um, em número de cinco. O primeiro deles, responsável por 28,0% da variância, carrega no mesmo sentido em todos os atributos e corresponde a um fator geral de importância, não a um construto específico. O segundo, com 11,4%, é o único de leitura temática clara e opõe peso, dimensões, cores e acessórios a processador, bateria e atualizações, ou seja, separa atributos de manuseio de atributos de desempenho técnico. Os demais não têm interpretação limpa. O resultado indica que a segmentação teórica em durabilidade, confiabilidade, afeição ao produto, ergonomia e funcionalidade organiza bem as decisões de projeto, mas não descreve a estrutura da percepção: quem valoriza um atributo tende a valorizar os demais, e a única fronteira perceptiva estável separa o que se sente no manuseio do que se percebe no desempenho. Para a Engenharia de Produto, a implicação é que priorizar requisitos por categoria de projeto

pode não refletir a forma como o valor é percebido, e que instrumentos de desdobramento da qualidade aplicados a esta classe de produto deveriam trabalhar com essa distinção mais simples entre manuseio e desempenho.

5.3 Critérios de escolha do modelo

Os principais critérios declarados na compra do aparelho atual foram funcionalidades (85%), confiabilidade (73%), relacionamento com o produto (49%) e durabilidade (48%), conforme o Quadro 8. A presença do relacionamento com o produto praticamente empatado com a durabilidade é um dado que merece atenção, porque contraria a leitura de que a escolha nessa categoria de produto seria dominada por critérios técnicos.

Quadro 8 - Critérios de escolha do modelo atual (n = 142)

Critério de escolha	Número de usuários(as)	Percentual
Funcionalidades (câmera, tela, bateria)	120	85%
Confiabilidade	104	73%
Relacionamento com o produto (afeição, ecossistema)	69	49%
Durabilidade	68	48%
Revenda após uso	46	32%
Ergonomia (tamanho, peso)	26	18%
Status social	18	13%
Facilidade de manutenção e reparo	14	10%

Fonte: elaborado pelos autores (2026), a partir dos dados da pesquisa. Nota: questão de resposta múltipla.

O critério mais citado, funcionalidades, não corresponde a nenhum dos três eixos de Khan *et al.* (2018), o que sugere que a taxonomia de projeto não esgota os critérios mobilizados na compra. Entre os eixos daquele referencial, a confiabilidade lidera (73%), à frente do relacionamento com o produto (49%) e da durabilidade (48%), o que mostra que, para o grupo investigado, não basta o aparelho funcionar: ele precisa funcionar quando necessário e por um longo período. Bakker *et al.* (2014) argumentam que, quando durabilidade e confiabilidade entram como requisitos de projeto, em vez de sobraem como atributos residuais, o ganho ambiental do

prolongamento da vida útil tende a superar o de melhorias incrementais de eficiência na fase de uso. Quanto à afeição ao produto, quem declarou o relacionamento com o produto como critério de compra usa iPhones há 7,28 anos em média, contra 5,32 anos entre os(as) demais (Mann-Whitney, $p < 0,001$), enquanto a associação entre esse critério e a faixa etária não é significativa ($p = 0,150$). O apego de que trata o terceiro eixo de Khan *et al.* (2018) associa-se ao tempo de permanência na linha de produtos, e não à idade de quem a utiliza, sem que o desenho transversal permita estabelecer a direção dessa associação.

5.4 Ciclo de uso e motivos de troca

O ciclo de uso médio identificado foi de 2,83 anos, aproximadamente 34 meses, com mediana de 2,5 anos e desvio padrão de 1,33 ano ($n = 128$). O valor é superior à média de cerca de 24 meses reportada para smartphones em geral (Ng, 2019) e inferior à estimativa de quatro anos para dispositivos iOS (Dediu, 2018), estimativa que abrange toda a vida útil do aparelho, inclusive proprietários subsequentes, e não é diretamente comparável à posse individual aqui medida. Como referência de contraste, o tempo médio de posse do aparelho em uso no momento da coleta era de 1,71 ano, medida que subestima o ciclo por se tratar de observação censurada. Examinou-se ainda, em caráter exploratório, a associação entre o ano de lançamento do aparelho substituído e sua duração de uso, negativa no conjunto da amostra ($\rho = -0,241$; $p = 0,006$). Essa associação, contudo, não sobrevive ao controle da janela de observação: restringindo a análise aos aparelhos lançados até 2016, para os quais havia ao menos seis anos de exposição possível, ela deixa de ser significativa ($\rho = -0,145$; $p = 0,201$; $n = 79$). Como a coleta ocorreu em 2022, a duração máxima observável decresce mecanicamente com o ano de lançamento, de modo que o aparente encurtamento do ciclo nas gerações recentes é atribuível ao truncamento, e não a mudança de comportamento. Os principais motivos de troca foram a saúde da bateria (63%), a ausência de atualizações de sistema (49%) e a melhoria de câmera (42%), conforme o Quadro 9.

Quadro 9 - Motivos de troca do dispositivo (n = 142)

Motivo de troca	Número de usuários(as)	Percentual
Saúde da bateria	90	63%
Ausência de atualizações de sistema	69	49%
Melhoria de câmera	59	42%
Impossibilidade de reparo	48	34%
Processador ultrapassado	35	25%
Incompatibilidade com periféricos	27	19%
Display (tipo, resolução)	22	15%
Novos acessórios	9	6%
Dimensões	8	6%
Peso	4	3%
Novas cores disponíveis	3	2%
Falta de resistência a água e poeira	2	1%

Fonte: elaborado pelos autores (2026), a partir dos dados da pesquisa. Nota: questão de resposta múltipla.

A predominância da saúde da bateria e da ausência de atualizações como motivadores de troca é o achado de maior relevância para a interface investigada. Ele conecta a percepção do(a) usuário(a) (Seção 5.1) às especificações técnicas que mais evoluíram (Seção 4) e dialoga com a literatura ambiental: como demonstram Arshad *et al.* (2022) e He *et al.* (2022), a degradação da bateria e a obsolescência de software são gatilhos centrais de descarte. Entre quem manteve o aparelho anterior por mais de 2,5 anos, 74% citaram a saúde da bateria como motivo de troca, contra 56% entre quem o manteve por menos tempo, diferença no limiar da significância convencional (qui-quadrado, $p = 0,050$) que não sobrevive à correção para múltiplas comparações. O padrão é mecanicamente plausível, já que a degradação da célula acompanha o número de ciclos de carga, mas deve ser tomado como indício exploratório. Vista por esse ângulo, a política de atualizações prolongada funciona como estratégia de extensão de ciclo de uso e reduz a pressão sobre as cadeias de reciclagem, efeito alinhado aos ganhos ambientais descritos por Mann *et al.* (2022) e quantificados, para smartphones, por Cordella, Alfieri e Sanfeliix (2021).

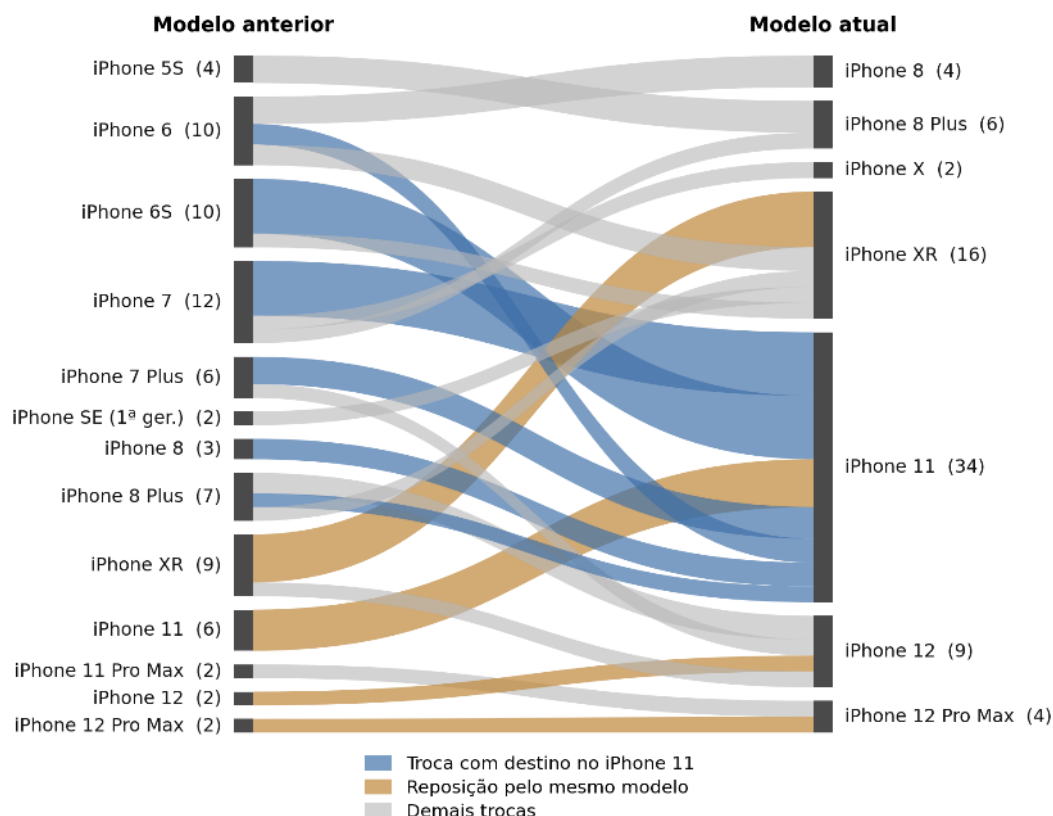
A correspondência entre o que se valoriza e o que motiva a troca pode ser medida. A correlação de postos entre o ordenamento de importância percebida e o de motivos de troca, para os doze atributos presentes nos dois instrumentos, é de $\rho = 0,839$ ($p < 0,001$), resultado que sustenta empiricamente a articulação proposta pelo

estudo. Os desalinhamentos são informativos: as atualizações de software motivam muito mais trocas do que sua posição de importância sugeriria, enquanto a resistência a água, de importância intermediária, quase não aparece como motivo (1%). Cabe ainda uma ressalva sobre o reparo: a impossibilidade de reparo é o quarto motivo de troca (34%), embora a facilidade de reparo ocupe a quinta posição de importância. Makov e Fitzpatrick (2021) mostram que a possibilidade técnica de reparo, isoladamente, não se converte em prolongamento efetivo do uso, porque o interesse por reparo depende do custo relativo do serviço e do valor residual do aparelho. Aplicada aos resultados aqui obtidos, a ressalva sugere que prolongar o ciclo depende menos de tornar o componente substituível e mais de retardar sua degradação e de sustentar o suporte de software por mais tempo, na direção apontada por Proske e Jaeger-Erben (2019).

5.5 Fluxos de substituição entre modelos

Os fluxos de troca foram reconstruídos a partir das 135 transições declaradas entre o modelo anterior e o modelo atual, apresentadas na Figura 2. A distância média entre as gerações envolvidas em uma troca é de 2,56 anos de lançamento, medida sobre a última transição de cada respondente, com mediana de três anos, e 61% das transições ocorrem entre modelos separados por dois a quatro anos, o que corrobora o ciclo de uso médio identificado. O padrão mais frequente é a migração de iPhone 7 e iPhone 6s para o iPhone 11, e o iPhone 11 concentra 27% de todas as transições como destino.

Figura 2 - Fluxos de substituição entre o modelo anterior e o modelo atual (n = 135 transições)



Fonte: elaborada pelos autores (2026), a partir dos dados da pesquisa. Nota: representados os 22 fluxos com duas ou mais ocorrências, que somam 75 transições; os 60 fluxos de ocorrência única foram omitidos.

A figura evidencia dois padrões que os quadros de frequência não revelam. O primeiro é a convergência: modelos lançados entre 2014 e 2018 desembocam em um mesmo destino. O segundo é a reposição pelo mesmo modelo, que responde por 23 das 135 transições, ou 17% do total, com destaque para iPhone XR e iPhone 11. Nesses casos não há migração de geração, o que sugere motivações distintas da obsolescência tecnológica, como perda, dano ou a opção por repetir a configuração conhecida, hipóteses que o instrumento não permite discriminar. O fenômeno aproxima-se do que Wieser e Tröger (2018) descrevem como circuitos internos de reposição e reuso, e tem implicação direta para o planejamento da produção, porque sustenta demanda por modelos já descontinuados e, com isso, por peças de reposição e por unidades remanufaturadas (Mann *et al.*, 2022).

A convergência para o iPhone 11 admite leitura econômica, ainda que o instrumento não tenha coletado dados de preço: trata-se do modelo que aproximou

especificações de gama superior, como processador e memória equivalentes aos das versões Pro, de uma faixa de preço mais acessível. Entre as 135 transições observadas, 74% têm como destino modelos-base ou da linha SE, contra 13% dirigidas a variantes Pro e Pro Max, o que indica que, para o grupo investigado, a relação entre valor percebido e custo prevalece sobre a busca por especificações de topo. Os(as) respondentes declararam ter possuído 4,71 iPhones em média, número que inclui aparelhos de segunda mão e de uso simultâneo e que, por isso, não corresponde a uma sequência de ciclos completos de posse primária.

5.6 Implicações para o projeto e a produção

A primeira implicação de projeto diz respeito à cadência de renovação. A linha estudada é renovada anualmente, mas o ciclo de uso é de 2,83 anos, de modo que cada usuário(a) adota, em média, aproximadamente uma a cada três gerações lançadas. Do ponto de vista da Engenharia de Produção, isso significa que a diferenciação intergeracional produzida a cada ano não encontra correspondência na decisão de troca, e que o esforço de projeto e de produção concentrado em variantes anuais tem retorno decrescente em termos de valor percebido.

A segunda implicação recai sobre a bateria, único componente que reúne a maior média de importância, a menor dispersão e a maior incidência como motivo de troca, o que a qualifica como requisito crítico de projeto para a extensão do ciclo de uso nessa classe de produto. Atendê-la é condição de aceitação, não fonte de vantagem percebida. Como a substituição da célula compete economicamente com a compra de um aparelho novo (Makov; Fitzpatrick, 2021), a alavanca mais promissora está no prolongamento da vida útil da própria célula e na gestão de carga por software, mais do que na modularidade.

A terceira implicação desloca parte da decisão sobre a vida útil do produto do projeto físico para o planejamento de manutenção de software, atividade cujo custo recai sobre a fabricante muito depois do encerramento da produção. Trata-se de um trade-off de portfólio que a literatura de extensão de vida útil ainda trata de forma secundária (Den Hollander; Bakker; Hultink, 2017) e que, desde 2025, deixou de ser decisão exclusiva da fabricante no mercado europeu, onde requisitos de concepção

ecológica passaram a fixar períodos mínimos de atualização de sistema e de disponibilidade de peças (União Europeia, 2023).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo examinou cinco gerações de iPhone em duas frentes: o valor que os(as) usuários(as) atribuem a cada especificação e o efeito da evolução dessas especificações sobre o tempo em que o aparelho permanece em uso. Na primeira frente, a bateria ocupou a primeira posição no ranking de importância percebida, com a menor dispersão entre todos os atributos, e as opções de cores a última, sendo esses os dois únicos pontos do ranking com separação estatística nítida. Os critérios mais valorizados na escolha, funcionalidades, confiabilidade e relacionamento com o produto, dizem respeito à experiência de uso e não a especificações isoladas. Quanto à segunda parte, os motivos de troca acompanham de perto a importância percebida ($p = 0,839$), e o ciclo de uso médio foi de 2,83 anos, superior à média do mercado.

A contribuição do trabalho para a Engenharia de Produção está em articular empiricamente a relação entre especificações técnicas, ciclo de vida e comportamento do(a) usuário(a). Essa contribuição se apoia em quatro resultados. O primeiro é que a análise de componentes principais não reproduziu as categorias teóricas de projeto: a única fronteira perceptiva estável separa atributos de manuseio de atributos de desempenho. O segundo é que o gradiente etário robusto está na facilidade de reparo e nos meios de pagamento por aproximação, e não na durabilidade física. O terceiro é que 17% das substituições ocorrem pelo mesmo modelo, sem migração de geração, o que sustenta demanda por peças de reposição e por unidades remanufaturadas. O quarto é uma tensão que o próprio material revela: as especificações que mais evoluíram no período documentado, autonomia, suporte de software e proteção contra ingresso, são as mesmas que encerram o ciclo de uso, e sua melhora não se converteu em alongamento do ciclo. Isso sugere que o limite do ciclo é fixado menos pelo desempenho absoluto do componente do que por sua defasagem relativa às exigências de software e de uso em circulação, leitura que oferece subsídio para decisões de projeto voltadas a prolongar o uso, com efeitos sobre a geração de

resíduos eletrônicos (Arshad *et al.*, 2022; Cordella; Alfieri; Sanfelix, 2021; Mann *et al.*, 2022).

O estudo apresenta limitações. A coleta ocorreu no primeiro semestre de 2022 e a análise documental cobre gerações lançadas até 2020, de modo que os resultados descrevem um estado do mercado anterior às gerações subsequentes e à entrada em vigor de requisitos regulatórios de concepção ecológica para smartphones. A amostra de 142 respondentes é não probabilística e por conveniência, com concentração na faixa de 18 a 30 anos (68%), de modo que os resultados devem ser lidos como descritivos do grupo investigado (Etikan; Musa; Alkassim, 2016); as faixas etárias extremas reúnem entre sete e dez respondentes, o que limita o poder dos testes que delas dependem. A análise documental restringiu-se a cinco modelos, que não incluem os mais frequentes entre os(as) respondentes, como o iPhone 11, e a mensuração baseou-se em percepção autodeclarada, sujeita a efeito de teto nos atributos de maior consenso. Como agenda futura, recomenda-se amostragem probabilística e de maior porte, a comparação entre sistemas operacionais e marcas, e a integração de métricas objetivas de ciclo de uso, como registros de saúde de bateria e de versão de sistema, à percepção declarada.

REFERÊNCIAS

ANTUTU. **iOS ranking**: AnTuTu Benchmark. 2022. Disponível em: <https://www.antutu.com/en/ranking/ios2.htm>. Acesso em: 9 maio 2022.

ARSHAD, F. *et al.* Life cycle assessment of lithium-ion batteries: a critical review. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 180, p. 106164, 2022.

BAKKER, C. *et al.* Products that go round: exploring product life extension through design. **Journal of Cleaner Production**, v. 69, p. 10-16, 2014.

CORDELLA, M.; ALFIERI, F.; SANFELIX, J. Reducing the carbon footprint of ICT products through material efficiency strategies: a life cycle analysis of smartphones. **Journal of Industrial Ecology**, v. 25, n. 2, p. 448-464, 2021.

CORROCHER, N.; PAGANUZZI, S. Planned obsolescence and smartphone replacement: empirical evidence on the Italian market. **Telecommunications Policy**, v. 49, n. 8, p. 103022, 2025.

DEDIU, H. **Determining the average Apple device lifespan**. 2018. Disponível em: <http://www.asymco.com/2018/03/01/determining-the-average-apple-device-lifespan/>. Acesso em: 9 maio 2022.

DEN HOLLANDER, M. C.; BAKKER, C. A.; HULTINK, E. J. Product design in a circular economy: development of a typology of key concepts and terms. **Journal of Industrial Ecology**, v. 21, n. 3, p. 517-525, 2017.

ENGELS, A. **How many Android updates does Samsung, Xiaomi or OnePlus offer?** 2021. Disponível em: <https://www.nextpit.com/how-many-android-updates-manufactures-offer>. Acesso em: 9 maio 2022.

ETIKAN, I.; MUSA, S. A.; ALKASSIM, R. S. Comparison of convenience sampling and purposive sampling. **American Journal of Theoretical and Applied Statistics**, v. 5, n. 1, p. 1-4, 2016.

FEITOSA, S. L. de O. *et al.* A obsolescência programada no contexto da engenharia de produção: proposição de um framework analítico. **Brazilian Journal of Production Engineering**, v. 5, n. 4, p. 202-220, 2019.

FORZA, C. Survey research in operations management: a process-based perspective. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 152-194, 2002.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GSMARENA. **iPhone reviews and specifications**. 2021. Disponível em: <https://www.gsmarena.com/>. Acesso em: 9 maio 2022.

HAIR JR., J. F. *et al.* **Análise multivariada de dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HE, P. *et al.* Life cycle assessment of e-waste: waste cellphone recycling. In: HOLUSZKO, M. E.; KUMAR, A.; ESPINOSA, D. C. R. (ed.). **Electronic waste: recycling and reprocessing for a sustainable future**. Weinheim: Wiley-VCH, 2022. p. 231-253.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **IEC 60529**: degrees of protection provided by enclosures (IP code). Geneva: IEC, 2013.

KEEBLE, D. **The culture of planned obsolescence in technology companies**. Oulu: Oulu University of Applied Sciences, 2013.

KHAN, M. A. *et al.* Review on upgradability: a product lifetime extension strategy in the context of product service systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 204, p. 1154-1168, 2018.

KOTLER, P.; KELLER, K. **Administração de marketing**. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

LAS CASAS, A. L. **Marketing de varejo**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

LAW, J. (ed.). **A dictionary of business and management**. 5. ed. Oxford: Oxford University Press, 2009.

MAKOV, T.; FITZPATRICK, C. Is repairability enough? Big data insights into smartphone obsolescence and consumer interest in repair. **Journal of Cleaner Production**, v. 313, p. 127561, 2021.

MANN, A. *et al.* Environmental impact assessment of different strategies for the remanufacturing of user electronics. **Energies**, v. 15, n. 7, p. 2376, 2022.

MIGUEL, P. A. C. (org.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

MINAYO, M. C. S. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis: Vozes, 2001.

NG, A. Smartphone users are waiting longer before upgrading. **CNBC**, 2019. Disponível em: <https://www.cnbc.com/2019/05/17/smartphone-users-are-waiting-longer-before-upgrading-heres-why.html>. Acesso em: 9 maio 2022.

PROSKE, M.; JAEGER-ERBEN, M. Decreasing obsolescence with modular smartphones? An interdisciplinary perspective on lifecycles. **Journal of Cleaner Production**, v. 223, p. 57-66, 2019.

RICKNÄS, M. 2007 was a blockbuster year for mobile phones. **Computerworld**, 2007. Disponível em: <https://www.computerworld.com/article/2537529/>. Acesso em: 9 maio 2022.

ROZENFELD, H. *et al.* **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

SILVA, L. A. A. da; PIMENTA, H. D.; CAMPOS, L. M. de S. Logística reversa dos resíduos eletrônicos do setor de informática: realidade, perspectivas e desafios na cidade do Natal-RN. **Revista Produção Online**, v. 13, n. 2, p. 544-576, 2013.

TONOIKE, K.; FUKUSHIGE, S.; UMEDA, Y. Proposal of a design methodology for modularity using geometric information. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON LEADING EDGE MANUFACTURING IN 21ST CENTURY, 4., 2007, [S. I.]. **Anais [...]**. [S. I.]: The Japan Society of Mechanical Engineers, 2007. DOI: 10.1299/jsmelem.2007.4.8F627.

ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D.; YANG, M. C. **Product design and development**. 7. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2020.

UNIÃO EUROPEIA. Regulamento (UE) 2023/1670 da Comissão, de 16 de junho de 2023, que estabelece requisitos de concepção ecológica aplicáveis a telemóveis inteligentes, telemóveis que não sejam telemóveis inteligentes, telefones sem fios e tablets. Jornal Oficial da União Europeia, L 214, p. 47-346, 31 ago. 2023.

WARREN, R.; ALOIA, L. Parental mediation of cell phone use and adolescent autonomy. **Journal of Family Issues**, v. 44, n. 7, p. 1928-1948, 2023.

WIESER, H.; TRÖGER, N. Exploring the inner loops of the circular economy: replacement, repair, and reuse of mobile phones in Austria. **Journal of Cleaner Production**, v. 172, p. 3042-3055, 2018.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

Biografia do(s) autor(es)

Lucas Sloniak de Oliveira

Possui graduação em Engenharia Elétrica pelo Centro de Ensino Superior de Maringá (2024) e graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Paraná (2022). Atualmente é gerente de projetos - Pipefy. Tem experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Gerência do Projeto e do Produto.



Artigo recebido em: 20/10/2023 e aceito para publicação em: 16/08/2026

DOI: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v26i3.5044>