

## Aceitação da energia nuclear em Portugal: um estudo exploratório

Nuno Sousa<sup>1,2</sup>, André Rodrigues<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Aberta

<sup>2</sup> INESC-Coimbra

nsousa@uab.pt, 1502998@estudante.uab.pt

### Resumo

Este artigo apresenta um estudo exploratório sobre que fatores determinam a atitude da população portuguesa para com a energia nuclear. Esta atitude foi modelada por uma regressão logística binomial, calibrada com dados obtidos de uma sondagem online. Os resultados revelam principalmente uma forte rejeição da opção nuclear se uma central puder vir a ser construída no município de residência. Curiosamente, a atitude perante a energia nuclear parece não depender nem da opinião dos inquiridos quanto às energias renováveis como solução energética, nem de alguns fatores demográficos identificados noutros estudos como relevantes, como por exemplo, o nível de escolaridade, pese embora os resultados indiquem que este se possa tornar estatisticamente significativo com mais dados.

**palavras-chave:** energia nuclear, aceitação de tecnologia nuclear, investigação por questionário, regressão logística

**Title:** Acceptance of nuclear energy in Portugal: an exploratory study

**Abstract:** This article presents an exploratory study on which factors determine the attitude of the Portuguese population towards nuclear energy. This attitude was modeled by a binomial logistic regression, calibrated with data obtained from an online survey. The results reveal mainly a strong rejection of the nuclear option if a plant could be constructed in the municipality of residence. Interestingly, the attitude towards nuclear energy does not seem to depend neither on the opinion of respondents regarding renewable energy as an energy solution, nor on demographic factors which have been identified as relevant in other studies such as e.g., educational level, although results suggest this factor can become statistically significant with more data.

**keywords:** nuclear power, nuclear technology acceptance, survey research, logistic regression

## 1. Introdução

A opção pelo nuclear como fonte de energia tem sido um dos temas mais controversos e polarizantes no debate político em todo o mundo [Moriarty, 2021]. A humanidade acordou sobressaltada para a realidade nuclear com os terríveis acontecimentos de Hiroshima e Nagasaki, que criaram um estigma contra este tipo de energia que ainda hoje perdura [Baron & Herzog, 2020]. A construção dos primeiros reatores para produção de eletricidade nos anos 1950 constituiu a primeira tentativa de reabilitar a energia nuclear, com a promessa de eletricidade limpa, barata e essencialmente ilimitada. O uso da radiação nuclear para fins médicos e alimentares constituiu outra tentativa de redenção desta forma de energia. Afinal, havia que limpar de alguma forma o cadastro do que realmente importava durante a guerra fria: a corrida ao armamento nuclear.

Em paralelo, a realidade teimava em desdizer os discursos políticos da época (e de hoje) sobre as vantagens da energia nuclear. As doenças da exposição à radiação, os problemas de armazenamento dos resíduos nucleares, a complexidade da tecnologia, os riscos da proliferação nuclear e, pior, os acidentes nucleares de Mayak, Sellafield, Three Mile Island, Tchernobyl e Fukushima, entre tantos outros, tornaram-se testemunhos de que existirão sempre riscos inerentes à produção de energia nuclear, por mais pretensamente seguras que sejam as centrais.

Mas, apesar de tudo, a energia nuclear é a forma menos poluente de produção de eletricidade e uma das que tem menores fatalidades por kWh produzido [Markandya & Wilkinson, 2007; Sovacool et al., 2016]. Não se trata de pequenas diferenças para com o carvão ou petróleo, mas sim de várias ordens de grandeza.

Num mundo em que todos os países aspiram um cada vez maior consumo em massa e em que quase ninguém está disposto a baixar o seu nível de vida para impedir as alterações climáticas, o evitar das catástrofes associadas a estas alterações terá inevitavelmente de passar por fontes limpas de produção de eletricidade. Com a disponibilidade de energia livre nos fluxos renováveis limitada, apenas duas soluções se afiguram como plausíveis: uma rápida massificação à escala mundial das energias renováveis ou uma aposta na energia nuclear, seja como solução a longo prazo, seja como tecnologia de transição [IPCC, 2021; Kharecha & Hansen, 2013]. Se por um lado a massificação das renováveis está em curso, por outro a dimensão da aposta que seria necessária nesta forma de captar energia é de tal forma grande que não é expectável que consiga substituir as formas convencionais de produção de eletricidade no espaço de tempo necessário para conter o aumento de temperatura do planeta.

É neste contexto de dilema quase oximorónico entre a prosperidade e a sobrevivência que se joga o debate político sobre o recurso à energia nuclear. A aposta no nuclear, mau grado os riscos a ela inerente, poderia configurar uma solução de compromisso a médio prazo para um problema potencialmente insanável de outra forma. Afigura-se, pois, como cada vez mais inevitável a abertura do tema pelos decisores políticos, nos países em que esta forma de energia ainda não faz parte da solução energética.

## 2. Aceitação da energia nuclear: as tendências conhecidas

O medo é um sentimento primário que o terror nuclear invoca, não poucas vezes potenciado pelas representações negativas que tem nos media e redes sociais [Hu et al., 2021; Zhu et al., 2020]. Independentemente das motivações dos que cultivam essas representações, é um facto inescapável que elas influenciam as pessoas e que, conseqüentemente, a aceitação da energia nuclear acabe por estar muito condicionada pelos receios, crenças e experiências pessoais do sujeito [Hu et al., 2021]. Apesar das dificuldades colocadas pelas aleatoriedades da vida das pessoas, a literatura identificou algumas tendências globais objetivas quanto à aceitação da energia nuclear. Dentro destas tendências salientam-se como fatores que tendem a potenciar a aceitação desta tecnologia, a perceção dos benefícios da energia nuclear [Wang et al., 2019; Zhu et al., 2020], em particular a produção de eletricidade [Kim et al., 2014] e a contribuição para a descarbonização [Bazile, 2012]; o nível de conhecimento da tecnologia nuclear [Kim et al., 2014; Sugiawan & Managi, 2019; Wang et al., 2019]; o grau de educação no geral [Bazile, 2012; Choi et al., 2000] e a abertura de um debate nacional inclusivo [Wang et al., 2019]. Entre os fatores identificados como negativos para essa aceitação estão a perceção dos riscos associados [Kim et al., 2014]; a falta de confiança nas autoridades regionais [Kim et al., 2014; Tsujikawa et al., 2016]; a proximidade geográfica a uma central nuclear [Hao et al., 2019; Hu et al., 2021; Sugiawan & Managi, 2019] e a associação da energia nuclear a armas nucleares [Sugiawan & Managi, 2019]. Também o tipo de fonte os sujeitos consultam para se informarem sobre a energia nuclear foi identificado por Choi et al. [2000] como um fator negativo relevante, dada a propensão dos *mass-media* para realçar mensagens sensacionalistas. Dada a heterogeneidade verificada entre países [Kim et al., 2014], e que está relacionada com fatores específicos desses países, será interessante ver se os resultados em Portugal validam, ou não, as tendências acima identificadas, e até que ponto.

## 3. Metodologia e resultados

Para determinar os fatores influenciadores da aceitação da energia nuclear em Portugal foi preparado um questionário online, divulgado pelas redes sociais. O questionário, realizado no âmbito da unidade curricular Trabalhos de Campo II da Licenciatura em Ciências do Ambiente da Universidade Aberta, constou de dados demográficos (sexo, idade, escolaridade, rendimentos) e questões específicas sobre energia nuclear e energias alternativas, potencialmente determinantes da atitude perante a opção nuclear, tendo recolhido 130 respostas validadas. A tabela 1 abaixo contém as questões colocadas, variáveis associadas e o seu papel no estudo, explicativa ou explicada (i.e., entrada/saída).

Para relacionar as variáveis de entrada com a de saída recorreu-se a uma regressão logística binomial, um método estatístico que permite modelar situações em que se tem variáveis de entrada quantitativas ou qualitativas (nominais ou ordinais) e uma variável de saída do tipo dicotómico (sim/não). Este método é descrito pela expressão

$$\text{logit}(P(Y = 1)) = \beta_0 + \sum_i \beta_i X_i, \quad \text{logit}(p) = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right), \quad (1)$$

cuja interpretação é: o logit da probabilidade de  $Y = 1$ , i.e., da resposta à variável de saída  $Y$  ser “sim”, é dada pela combinação de regressores  $\beta_0 + \sum_i \beta_i X_i$ , em que  $\beta_i$  são coeficientes de regressão ( $\beta_0$  é denominado *intercept*) e  $X_i$  os valores dos regressores (variáveis de entrada). De notar que Choi et al. [2000], Kim et al. [2014] e Sugiawan & Managi [2019] também recorreram a regressões logísticas para modelar a aceitação da energia nuclear.

**Tabela 1.** Questões e variáveis.

| Questão                                                                                                                                                                  | Tipo de variável | Abreviatura                                                    | Natureza              | Escala de medição                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------|
| Sexo                                                                                                                                                                     | Entrada          | sexo                                                           | Qualitativa nominal   | M/F                                      |
| Idade                                                                                                                                                                    | Entrada          | idade                                                          | Quantitativa contínua | 20-35<br>36-50<br>51-65                  |
| Nível de ensino                                                                                                                                                          | Entrada          | ensino                                                         | Qualitativa ordinal   | Básico<br>Secundário<br>Superior         |
| Nível de rendimento líquido mensal                                                                                                                                       | Entrada          | rend                                                           | Quantitativa contínua | < 700<br>701-1000<br>1001-1500<br>> 1501 |
| Considera-se informado sobre a energia nuclear?                                                                                                                          | Entrada          | nivel_info                                                     | Quantitativa discreta | Likert 1-5                               |
| Qual o seu nível de receio em relação a um acidente nuclear?                                                                                                             | Entrada          | nivel_receio                                                   | Quantitativa discreta | Likert 1-5                               |
| Importar-se-ia de ter uma central nuclear no seu município?                                                                                                              | Entrada          | central_mun                                                    | Qualitativa nominal   | Sim/Não                                  |
| Importar-se-ia de ter um depósito de resíduos nucleares no seu município?                                                                                                | Entrada          | residuos_mun                                                   | Qualitativa nominal   | Sim/Não                                  |
| Que tipo de energia acha poder ser a solução para mitigar o aquecimento global? (Caixa de seleção com: renováveis, nuclear, hidrogénio, biomassa.)                       | Entrada          | energia_renov<br>energia_nucl<br>energia_hidrog<br>energia_bio | Qualitativas nominais | Sim/Não<br>Sim/Não<br>Sim/Não<br>Sim/Não |
| Assumindo que Portugal possui condições para independência energética e tecnologia nuclear avançada, seria, na sua opinião, desejável investir-se neste tipo de energia? | Saída            | nuclear_sn                                                     | Qualitativa nominal   | Sim/Não                                  |

Para efetuar os cálculos recorreu-se ao software estatístico R e pacotes especializados. No apêndice A apresenta-se o código R utilizado neste estudo, suportado no ficheiro suplementar .CSV, o *dataset* com as respostas ao questionário, que pode ser encontrado no website desta revista.

**Tabela 2.** Estatísticas descritivas.

| Variável          | Tipo         | Valores    | Freq.     | Perc.%      |
|-------------------|--------------|------------|-----------|-------------|
| sexo              | Entrada      | M          | 69        | 46,9        |
|                   |              | F          | 61        | 53,1        |
| idade             | Entrada      | 20-35      | 42        | 32,3        |
|                   |              | 36-50      | 68        | 52,3        |
|                   |              | 51-65      | 20        | 15,4        |
| ensino            | Entrada      | Básico     | 7         | 5,4         |
|                   |              | Secundário | 69        | 53,1        |
|                   |              | Superior   | 54        | 41,5        |
| rend              | Entrada      | < 700      | 26        | 20,0        |
|                   |              | 701-1000   | 48        | 36,9        |
|                   |              | 1001-1500  | 37        | 28,5        |
|                   |              | > 1501     | 19        | 14,6        |
| nivel_info        | Entrada      | 1          | 10        | 7,7         |
|                   |              | 2          | 29        | 22,3        |
|                   |              | 3          | 50        | 38,4        |
|                   |              | 4          | 30        | 23,1        |
|                   |              | 5          | 11        | 8,5         |
| nivel_receio      | Entrada      | 1          | 7         | 5,4         |
|                   |              | 2          | 13        | 10,0        |
|                   |              | 3          | 31        | 23,9        |
|                   |              | 4          | 25        | 19,2        |
|                   |              | 5          | 54        | 41,5        |
| central_mun       | Entrada      | Sim        | 107       | 82,3        |
|                   |              | Não        | 23        | 17,7        |
| residuos_mun      | Entrada      | Sim        | 115       | 88,5        |
|                   |              | Não        | 15        | 11,5        |
| energia_renov     | Entrada      | Sim        | 103       | 79,2        |
|                   |              | Não        | 27        | 20,8        |
| energia_nucl      | Entrada      | Sim        | 23        | 17,7        |
|                   |              | Não        | 107       | 82,3        |
| energia_hidrog    | Entrada      | Sim        | 29        | 22,3        |
|                   |              | Não        | 101       | 77,7        |
| energia_bio       | Entrada      | Sim        | 18        | 13,8        |
|                   |              | Não        | 112       | 86,2        |
| <b>nuclear_sn</b> | <b>Saída</b> | <b>Sim</b> | <b>54</b> | <b>41,5</b> |
|                   |              | <b>Não</b> | <b>76</b> | <b>58,5</b> |

### 3.1 Estatística descritiva

A Tabela 2 apresenta estatísticas descritivas dos resultados. Uma comparação das percentagens dos fatores demográficos com a população portuguesa (Pordata, 2021) revela percentagens razoavelmente alinhadas com a população em geral nas variáveis sexo e idade, apenas com uma ligeira sub-representação da faixa etária 51-65. Já na variável ensino o nível básico está claramente sub-representado (cerca de 50% da população, contra 5,4% na amostra). Também os rendimentos 700-1000 e 1001-1500 estão sobre-representados face às percentagens nacionais, que apontam para cerca de 15-20% para cada um desses estratos. A amostra recolhida aparenta, portanto, ser mais representativa das classes sociais médias, em detrimento das classes mais baixas, o que poderá potencialmente ser explicado por um menor acesso à internet, e consequentemente ao questionário, ou um menor interesse no tópico.

Quanto às outras variáveis de entrada, nota-se que os inquiridos revelam algum receio perante a tecnologia nuclear, conforme evidenciado pelas percentagens de `nivel_receio`, `central_mun` e `residuos_mun`, e uma propensão para preferir um futuro movido mais a energias renováveis e menos a energia nuclear ou de outros tipos.

Por último, o grau de aceitação da energia nuclear aparenta ser mais alto do que poderia ser esperado face às reservas evidenciadas pelas percentagens das variáveis de entrada.

**Tabela 3.** Modelo com todas as variáveis explicativas.

| Variável/valor                            | Coefficiente $\beta$ | Erro-padrão | Estatística z | P-value |
|-------------------------------------------|----------------------|-------------|---------------|---------|
| (Intercept)                               | 4.15862              | 2.16253     | 1.923         | 0.0545* |
| sexoMasculino                             | -0.33442             | 0.50519     | -0.662        | 0.5080  |
| idade36-50                                | -0.30812             | 0.53250     | -0.579        | 0.5628  |
| idade51-65                                | -0.06749             | 0.80949     | -0.083        | 0.9336  |
| ensinosecundario                          | -0.95662             | 1.18930     | -0.804        | 0.4212  |
| ensinosuperior                            | 0.58108              | 1.18980     | 0.488         | 0.6253  |
| rend700-1000                              | -0.77432             | 0.59035     | -1.312        | 0.1896  |
| rendmaior1500                             | -1.44821             | 0.83437     | -1.736        | 0.0826* |
| rendmenor700                              | -1.21176             | 0.75073     | -1.614        | 0.1065  |
| nivel_info                                | 0.04230              | 0.25746     | 0.164         | 0.8695  |
| nivel_receio                              | -0.02797             | 0.24147     | -0.116        | 0.9078  |
| central_munSim                            | -2.30624             | 0.92360     | -2.497        | 0.0125* |
| residuos_munSim                           | -1.45556             | 1.08979     | -1.336        | 0.1817  |
| energia_renovSim                          | -0.34597             | 0.76439     | -0.453        | 0.6508  |
| energia_nuclSim                           | 2.00389              | 0.83257     | 2.407         | 0.0161* |
| energia_hidrogSim                         | 1.18061              | 0.76055     | 1.552         | 0.1206  |
| energia_bioSim                            | -1.84974             | 0.83241     | -2.222        | 0.0263* |
| <b>Indicadores de qualidade de ajuste</b> |                      |             |               |         |
| AIC                                       | 153.28               |             |               |         |
| Nagekerke pseudo-R <sup>2</sup>           | 0.48                 | (48%)       |               |         |

### 3.2 Modelo completo

Numa primeira fase de análise todas as 12 variáveis de entrada foram consideradas. O modelo e está resumido na Tabela 3. As variáveis explicativas ordinais *idades*, *ensino* e *rend*, por estarem em intervalo foram tratadas como nominais. Isto permite encontrar efeitos *push-pull*, i.e., efeitos não-lineares em que níveis baixos ou altos de uma variável têm um comportamento diferente de níveis médios, e interpretá-los facilmente.

Várias observações são devidas aqui. Numa regressão logística com variáveis de entrada qualitativas nominais existe um cenário-base, caracterizado por valores destas variáveis assumidos por omissão pelo software (lexicograficamente no R), em relação aos quais os outros níveis da variável são calculados. Na tabela 3 o R este cenário é dado pelos valores em falta na tabela 3: uma pessoa de sexo feminino, idade 20-35 anos, ensino básico e que respondeu “não” a todas as questões sim/não. Esta pessoa tem *log-odds*, i.e., probabilidade de responder “sim” à questão *nuclear\_sn* de acordo com (1), dada pelo *intercept* e alterada pelos valores de *nivel\_info* e *nivel\_receio*. P.ex., se assumirmos que a pessoa-base responde ‘3’ a estas questões, a probabilidade de responder “sim” à questão *nuclear\_sn* é de

$$\begin{aligned} \text{logit}(p) &= 4,15862 + 3 \cdot 0,04230 - 3 \cdot 0,02797 \Leftrightarrow \ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = 4,20182 \Leftrightarrow p \\ &= 0,98525 \quad (\approx 98\%) \end{aligned}$$

Uma pessoa com as mesmas características da pessoa-base, mas que tenha respondido “sim” à variável *central\_mun* terá log-odds de  $4,20182 - 2,30624 = 1,89558$ , para uma probabilidade “sim” de cerca de 87%, e assim por diante. O processo pode inclusive ser aplicado à própria amostra, que nos devolveria probabilidades de aceitação entre 1,4% e 99,8%. A média de 41,5% de respostas “sim” à questão *nuclear\_sn* (tabela 2) tem desvio-padrão 30,5%, que indica uma dispersão considerável nas respostas.

A qualidade do ajuste do modelo é boa, com Nagelkerke pseudo- $R^2$  perto de 50% (comparação do poder explicativo contra um modelo *intercept-only*), tipicamente um valor bom em regressões logísticas. O indicador AIC por si só não tem significado, sendo usado apenas para comparação com outros modelos. Apesar do bom ajuste, nem todas as variáveis do modelo são estatisticamente significantes. A coluna p-value da tabela 3 indica que a 10% de significância só cinco regressores são relevantes (marcados a asterisco, p-value < 10%).

Os regressores significativos indicam tendência de rejeição da opção nuclear para pessoas de rendimento mais alto, que não querem ter uma central perto de si e que vêm a biomassa como opção de futuro. Quanto a tendências positivas, existem para pessoas que veem o nuclear como uma solução para o futuro, o que não é de espantar. A significância do *intercept* quer apenas dizer que a variável de saída tem uma tendência definida para o cenário-base (*intercept* positivo, tendência “sim”). Outros regressores têm uma influência residual no modelo, indistinguível de flutuações estatísticas. É curioso notar

que p.ex., a idade ou escolaridade parecem não influenciar a aceitação do nuclear. Também a questão dos resíduos nucleares, grau de receio ou energias renováveis parece não ser determinante nessa aceitação. Apesar de estes três últimos fatores, se considerados isoladamente, i.e., cada um como único regressor, serem significantes (p-values 0,2%; 0,5% e 1,3% respetivamente), quando tomados em conjunto com outras as variáveis do modelo, a sua influência na aceitação da energia nuclear dilui-se e estes tornam-se não-significativos.

O modelo foi de seguida refinado, procurando-se eliminar regressores globalmente não-significativos.

### 3.3 Modelo refinado

Para refinar o modelo recorreu-se ao processo step-AIC, em que a remoção/inserção de regressores é feita de acordo com o valor AIC de cada modelo (quanto menor o AIC, melhor o modelo). Este processo é feito de forma automática pelo software R através do comando `stepAIC` do pacote MASS, que sugeriu considerar-se como regressores cinco das 12 variáveis iniciais: `ensino`, `central_mun`, `energia_nucl`, `energia_hidroge` e `energia_bio`. A tabela 4 abaixo resume o novo modelo.

**Tabela 4.** Modelo refinado com cinco variáveis explicativas.

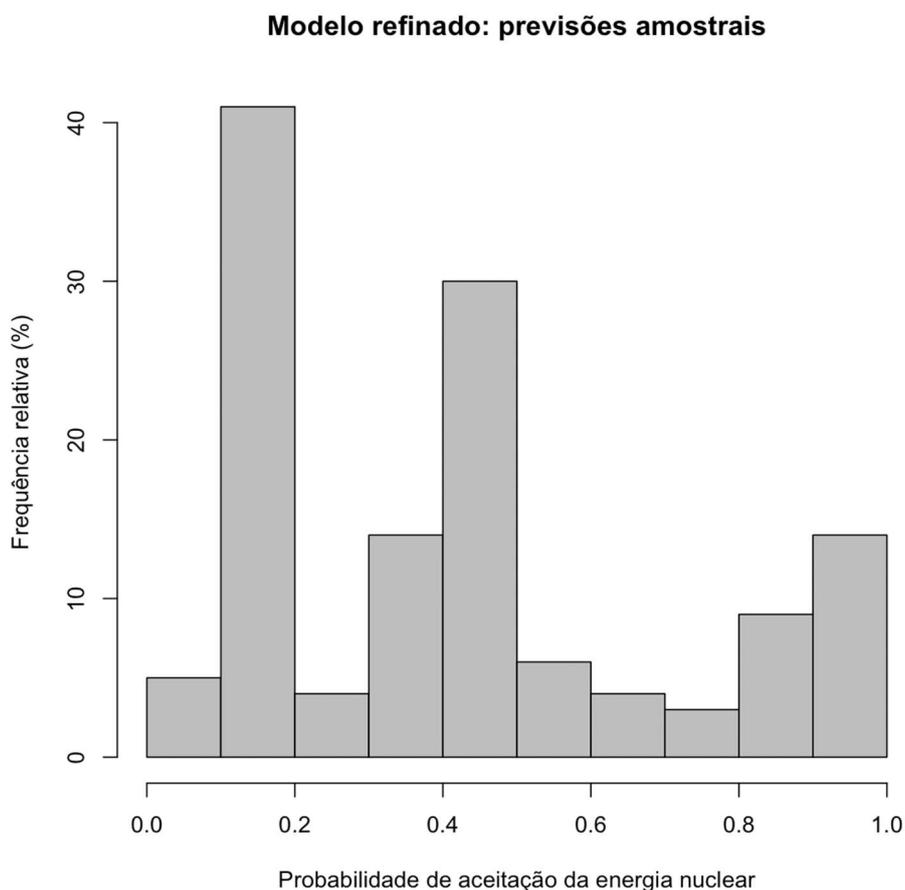
| Variável/valor                            | Coefficiente $\beta$ | Erro-padrão | Estatística z | P-value  |
|-------------------------------------------|----------------------|-------------|---------------|----------|
| (Intercept)                               | 1.4901               | 1.1943      | 1.248         | 0.21216  |
| ensinosecundario                          | -0.7220              | 1.0599      | -0.681        | 0.49573  |
| ensinosuperior                            | 0.6552               | 1.0346      | 0.633         | 0.52658  |
| central_munSim                            | -2.5187              | 0.7663      | -3.287        | 0.00101* |
| energia_nuclSim                           | 2.0733               | 0.7543      | 2.749         | 0.00598* |
| energia_hidrogSim                         | 1.2368               | 0.5639      | 2.193         | 0.02827* |
| energia_bioSim                            | -1.6336              | 0.7547      | -2.165        | 0.03042* |
| <b>Indicadores de qualidade de ajuste</b> |                      |             |               |          |
| AIC                                       | 140.79               |             |               |          |
| Nagekerke pseudo-R <sup>2</sup>           | 0.43                 | (43%)       |               |          |

Apesar do ligeiramente menor valor do pseudo-R<sup>2</sup>, o AIC é melhor e a maioria das variáveis não-significativas saíram do modelo.

O modelo refinado confirma a não-significância da variável `ensino` e indica que há quatro variáveis que influenciam decisivamente a opinião dos inquiridos sobre a energia nuclear. A tendência mais relevante é `central_mun`, cujo impacto na aceitação é fortíssimo no modelo refinado: p.ex., para a pessoa-base, a aceitação baixa de 82% para 26%, segundo (1). Claramente, a proximidade a uma central nuclear é um fator muito negativo na aceitação desta tecnologia. Quanto aos regressores positivos,

energia\_nucl e energia\_hidrog, se a positividade e significância do primeiro eram de esperar, já o segundo poderá refletir uma tendência para a compreensão do papel do hidrogénio como veículo energético de eletricidade limpa. Por último, o regressor negativo energia\_bio poderá indiciar um desejo por energias alternativas não-nucleares, embora esta tendência de rejeição do nuclear não se verifique para quem vê as energias renováveis como alternativa, o que é, de certa forma, inesperado.

O histograma de previsões para a amostra em causa segundo o modelo refinado encontra-se na figura 1. Verifica-se uma distribuição de carácter trimodal, com uma faixa da amostra a rejeitar claramente a opção nuclear, uma faixa central de pessoas relativamente indecisas e uma faixa que aceita esta opção.



**Figura 1.** Histograma de previsões de aceitação dos inquiridos, segundo o modelo refinado.

#### 4. Discussão

Os resultados dos modelos completo e refinado revelam essencialmente duas conclusões.

Em primeiro lugar, existe uma série de fatores que, ao contrário do que se poderia esperar, não são estatisticamente significativos. Se por um lado não espanta que sexo, idade ou rendimento não influenciem a aceitação da energia nuclear, já a não-influência do grau de escolaridade difere de outros estudos na área [Bazile, 2012; Choi et al., 2000], que dão este fator como positivo, numa lógica de que o conhecimento combate o receio. No entanto, há que distinguir entre conhecimento genérico e conhecimento específico da energia nuclear, este último identificado como um fator claramente positivo por Sugiawan & Managi [2019]. Apesar disso, a autoavaliação que os inquiridos fazem do seu nível de informação parece não influenciar a opinião sobre a energia nuclear, bem como o seu nível de receio ou a presença de resíduos no município, três variáveis que seria de esperar terem influência. A não-significância do grau de escolaridade poderá, no entanto, estar relacionada a pouca representatividade na amostra do nível “básico”, que consta apenas em sete das 130 observações. De facto, se retirarmos da análise essas observações, a escolaridade torna-se significativa no modelo refinado, com p-value 0,67% e coeficiente fortemente positivo,  $\beta = 1,3513$ , para *ensinosuperior* (c.f. apêndice A), passando a alinhar com os resultados de Bazile (2012) e Choi et al. (2000). Haverá, pois, que futuramente obter mais observações de nível “básico” para confirmar ou desmentir esta tendência. Passando aos fatores com significância estatística, a construção de uma central nuclear no município influencia fortemente e negativamente a opinião sobre o nuclear, em linha com Hao et al. [2019], Hu et al. [2021] e Sugiawan & Managi [2019]. Quanto ao papel da energia nuclear, o facto mais relevante parece ser que a visão de um futuro movido a energia renovável não é, para os inquiridos, incompatível com a energia nuclear. Embora se notem tendências significativas de alinhamento ou incompatibilidade do nuclear para com, respetivamente, o hidrogénio ou biomassa, no geral a energia nuclear parece ser vista pelos inquiridos como um complemento na produção de eletricidade cuja aceitação, ou não, depende mais de outros fatores do que da aposta a fazer nas renováveis. De salientar que as tendências de alinhamento do nuclear com o hidrogénio e de incompatibilidade com a biomassa foram pela primeira vez identificadas neste estudo e poderão vir a abrir uma nova janela para a explicação da aceitação do nuclear, nomeadamente a relação com a visão energética para o futuro.

A segunda conclusão, tirada essencialmente da figura 1, é a existência de um certo grau de polarização pró/contra a energia nuclear, com uma grande fatia de indecisos sem tendência definida, portanto suscetíveis de tomar partido de forma imprevisível quando for aberto um debate público sobre esta opção. Do ponto de vista político, há um potencial significativo para que esta massa de indecisos venha a tomar um papel fundamental na tomada de decisão a nível nacional.

Há, no entanto, que tomar estas conclusões com a devida reserva. O estudo em causa incidiu sobre uma amostra de dimensões reduzidas e cujo grau de representatividade da

população portuguesa não é tão bom quanto se desejaria. Em particular, algumas das tendências identificadas como não significativas poderão vir a sê-lo caso a amostra seja expandida. Em todo o caso, parece ser desde já claro que há uma relutância muito grande em ter paredes-meias com uma central nuclear, confirmando que em Portugal se aplicam as tendências conhecidas de *not in my backyard*.

## 5. Resumo e trabalho futuro

Este artigo apresentou um estudo exploratório da aceitação da energia nuclear em Portugal, baseado num modelo de regressão logística binomial calibrado por respostas de um questionário online. Os resultados revelaram que a aceitação ou rejeição da energia nuclear está primordialmente ligada à proximidade a uma central nuclear, numa atitude que pode ser coloquialmente descrita por “Nuclear? No meu quintal não, obrigado!”. Dos restantes fatores examinados, a visão dos inquiridos sobre o futuro da energia carrega também algum peso na aceitação da energia nuclear, embora curiosamente o nuclear e as energias renováveis não tenham sido vistas pelos inquiridos como mutuamente exclusivas.

Este estudo vem propor uma metodologia para análise da aceitação da energia nuclear em Portugal, que poderá futuramente ser alargada. Uma recolha de dados em maior escala deverá atender a uma amostragem mais representativa da sociedade portuguesa, uma vez que os inquiridos neste estudo são em grande parte pertencentes às classes médias que assim se encontra sobre representada, especialmente por comparação às classes mais baixas. A elaboração e execução de uma análise mais abrangente poderá também clarificar o papel de algumas das variáveis não significantes desta pesquisa, especialmente as que foram identificadas como relevantes noutros estudos, p.ex., o grau de escolaridade, que necessita de uma representatividade adequada de todos os graus na amostra, e/ou a relação do nuclear com a visão dos sujeitos do futuro energético, bem como comprovar ou desmentir a polarização que o tema evidenciou na amostra analisada. A inclusão de mais variáveis de entrada deverá também ser equacionada, como p.ex., a confiança nas autoridades ou o tipo de fonte de informação primária dos sujeitos sobre o tópico do nuclear, este último um fator potencialmente relevante, que este estudo não focou, e que poderá ser determinante à luz da recente explosão das redes sociais. Esperamos que tal análise seja possível num futuro próximo.

### Agradecimentos

Os autores agradecem à Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria do Rosário Ramos (Universidade Aberta) por discussões sobre o modelo estatístico.

### REFERÊNCIAS

Baron, J., Herzog, S. (2020). Public opinion on nuclear energy and nuclear weapons: The attitudinal nexus in the United States. *Energy Research & Social Science*, 68, 101567. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101567>

Bazile, F. (2012). Social impacts and public perception of nuclear power. In: *Woodhead Publishing Series in Energy, Infrastructure and Methodologies for the Justification of Nuclear Power Programmes*. Editor: Agustín Alonso. Woodhead Publishing, Chapter 16, 549-566. ISBN 9781845699734. <https://doi.org/10.1533/9780857093776.2.549>

Choi, Y.S., Kim, J.S., Lee, B.W. (2000). Public's perception and judgment on nuclear power. *Annals of Nuclear Energy*, 27, 295-309. [https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig\\_q=RN:33030147](https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:33030147)

Hao, Y., Guo, Y., Tian, B., Shao, Y. (2019). What affects college students' acceptance of nuclear energy? Evidence from China. *Journal of Cleaner Production*, 222, 746-759. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.040>

Hu, X., Zhu, W., Wei, J. (2021). Effects of information strategies on public acceptance of nuclear energy. *Energy*, 231, 120907. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120907>

IPCC (2021) - Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate change 2021: The physical science basis*. AR6, WG1. CUP, Cambridge UK. <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/> (recuperado 15 dez 2021.)

Kharecha, P.A., Hansen, J.E. (2013). Prevented Mortality and Greenhouse Gas Emissions from Historical and Projected Nuclear Power. *Environmental Science & Technology*, 47(9), 4889-4895. <https://doi.org/10.1021/es3051197>

Kim, Y., Kim, W., Kim, M. (2014). An international comparative analysis of public acceptance of nuclear energy. *Energy Policy*, 66, 475-483. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2013.11.039>

Markandya, A., Wilkinson, P. (2007). Electricity generation and health. *The Lancet*, 370(9591), 979-990. [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)61253-7](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61253-7)

Moriarty, P. (2021). Global nuclear energy: an uncertain future. *AIMS Energy*, 9(5), 1027-1042. <https://doi.org/10.3934/energy.2021047>

Pordata (2021). *Base de dados Portugal Contemporâneo*. <https://pordata.pt> (recuperado 15 dez 2021.)

Sugiawan, Y., Managi, S. (2019). Public acceptance of nuclear power plants in Indonesia: Portraying the role of a multilevel governance system. *Energy Strategy Reviews*, 26, 100427. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.100427>

Sovacool, B.K., Andersen, R., Sorensen, S., Sorensen, K., Tienda, V., Vainorius, A., Schiarch, M., Bjørn-Thygesen, F. (2016). Balancing safety with sustainability: assessing

the risk of accidents for modern low-carbon energy systems. *Journal of Cleaner Production*, 112, 3952-3965. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.059>

Tsujikawa, N., Tsuchida, S., Shiotani, T. (2016). Changes in the Factors Influencing Public Acceptance of Nuclear Power Generation in Japan Since the 2011 Fukushima Daiichi Nuclear Disaster. *Risk Analysis*, 36(1), 98-113. <https://doi.org/10.1111/risa.12447>

Wang, S., Wang, J., Lin, S., Li, J. (2019). Public perceptions and acceptance of nuclear energy in China: The role of public knowledge, perceived benefit, perceived risk and public engagement. *Energy Policy*, 126, 352-360, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.11.040>

Zhu, W., Lu, S., Huang, Z., Zeng, J., Wei, J. (2020) Study on public acceptance of nuclear power plants: Evidence from China. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 26(4), 873-889. <https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1544030>



**Nuno Sousa**, Professor Auxiliar do Departamento de Ciências e Tecnologia, Universidade Aberta. Licenciado e Mestre em Física pela Universidade de Coimbra e Doutor em Física, Matemática e Informática pela Radboud Universiteit Nijmegen (2003). Tem interesses de investigação diversos, nomeadamente em física, investigação operacional e otimização em urbanismo e transportes. Das revistas em que publicou destacam-se *Physics Letters*, *Nuclear Physics B*, *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, *Transport Policy* e *Engineering Optimization*.



**André Rodrigues**, estudante do 3.º ano da Licenciatura de Ciências do Ambiente da Universidade Aberta. Supervisor de Infraestruturas na empresa Infraestruturas de Portugal, Departamento de Catenária e Energia de Tração. Empresário em nome Individual na área da climatização, eletricidade e energias renováveis.

## Apêndice A

Código R para extração de resultados do ficheiro de dados (*dataset*) 269-Texto Artigo-1084-1-10-20211214.csv

#: comentários

```
# Importação do ficheiro .CSV
require(gdata);
nuke = read.xls("[path e nome do ficheiro]", header = TRUE);

# Pacotes com os procedimentos stepAIC (MASS) e pseudo R2 (DescTools)
require(MASS);
require(DescTools);

# Modelo de regressão com todas as variáveis de entrada
m_tudo = glm(nuclear_sn ~ sexo + idade + ensino + rend + nivel_info +
nivel_receio + central_mun + residuos_mun + energia_renov +
energia_nucl + energia_hidrog + energia_bio, family = binomial(link =
logit), data = nuke);

# Resultados e qualidade do ajuste
summary(m_tudo);
PseudoR2(m_tudo, which="Nagelkerke");

# Refinação do modelo
stepAIC(m_tudo, direction="both");

# Modelo sugerido por stepAIC
m_sug = glm(formula = nuclear_sn ~ ensino + central_mun + energia_nucl
+ energia_hidrog + energia_bio, family = binomial(link = logit), data
= nuke);

# Resultados e qualidade do ajuste do modelo sugerido
summary(m_sug);
PseudoR2(m_sug, which="Nagelkerke");

# Histograma das previsões de resultados para a amostra analisada
# para m_tudo e m_sug (não decorado)
hist((1/(1+exp(-predict(m_tudo)))));
hist((1/(1+exp(-predict(m_sug)))));

# Remoção de observações com grau de escolaridade "basico" de m_sug
m_sug2 = glm(formula = nuclear_sn ~ ensino + central_mun +
energia_nucl + energia_hidrog + energia_bio, family = binomial(link =
logit), data = subset(nuke,
nuke$ensino=="secundario"|nuke$ensino=="superior"));
summary(m_sug2);
```